

НОВОСТИ НАВИГАЦИИ

№ 4, 2012 г.

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

Редакционная коллегия:

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ</u>	3
<u>МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ</u>	
ОТЧЕТ О 21-й СЕССИИ СОВЕТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ (ФЕРНС)	4
<u>В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СОВЕТЕ «РАДИОНАВИГАЦИЯ» И В РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ НАВИГАЦИИ</u>	
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕНДЕНЦИИ И ГАРМОНИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ»	4
39-е ЗАСЕДАНИЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СОВЕТА «РАДИОНАВИГАЦИЯ»	12
<u>НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ</u>	
НАВИГАЦИОННЫЕ АЛТВОС-СИГНАЛЫ И ИХ СПЕКТРЫ	15
М. С. Ярлыков, К. К. Скогорев	
СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО РАЗНЕСЕННЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	26
В. Н. Саблин, И. В. Парамонов, Е. А. Бурмистров	
АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ГНСС	31
Ю. С. Яскин, В. В. Тюбалин, О. Е. Лопатко, М. К. Головин	
ПРОЦЕССОР ДЛЯ ВСТРАИВАЕМОЙ ПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ. ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА. Ч. 2	35
С. П. Ковита	
АППАРАТУРА ЛЁТНОГО КОНТРОЛЯ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ СРЕДСТВ КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ ДОПОЛНЕНИЙ И КАК ПОТРЕБИТЕЛЬ ГНСС	44
Е.Б. Горский, С.Н. Сабуров, А.В. Старых	
<u>ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</u>	48
<u>КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ</u>	
2-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ, ИХ РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ В ЖИЗНИ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА»	59
<u>ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ</u>	
РАЗВИТИЕ ВОЗДУШНОЙ НАВИГАЦИИ В РОССИИ. Ч. 2. К 100-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ	61
Г. Ф. Молоканов, Ю. А. Соловьев	
<u>НОВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ</u>	69
<u>ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ</u>	73

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

<u>OFFICIAL DOCUMENTS</u>	3
<u>INTERNATIONAL ACTIVITIES</u>	
REPORT ON THE 21 st FERNS COUNCIL SESSION	4
<u>IN THE RADIONAVIGATION INTERSTATE COUNCIL AND IN THE RUSSIAN PUBLIC INSTITUTE OF NAVIGATION</u>	
SCIENTIFIC CONFERENCE «TRENDS AND HARMONISATION OF RADIONAVIGATION DEVELOPMENT»	9
39 th SESSION OF THE INTERSTATE COUNCIL OF THE CIS.....	12
<u>SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES</u>	
NAVIGATION ALTBOC-SIGNALS AND THEIR SPECTRA.....	15
M. S. Yarlykov, K. K. Skogorev	
SYNCHRONIZATION SYSTEM FOR SPATIALLY DISPERSED LOCAL RADIOTECHNICAL COMPLEXES.....	26
V. N. Sablin, I. V. Paramonov, E. A. Burmistrov	
GNSS SIGNAL MONITORING EQUIPMENT	31
Yu. S. Yaskin, V. V. Tiubalin, O. E. Lopatko, M. K. Golovin	
PROCESSOR FOR EMBEDDED SATELLITE NAVIGATION RECEIVING EQUIPMENT. PROBLEMS OF CHOICE. PART 2	35
S. P. Kovita	
FLIGHT INSPECTION EQUIPMENT FOR RADIO NAVIGATION AIDS AS A MEANS OF CONTROL AND ADDITIONS AS GNSS CONSUMER.....	44
E. B. Gorskiy, S. N. Saburov, A. V. Starykh	
<u>OPERATING INFORMATION</u>	48
<u>CONFERENCES, EXHIBITIONS, MEETINGS</u>	
II INTERNATIONAL CONFERENCE «SATYELLITE NAVIGATION SYSTEMS, THE ROLE AND SIGNIFICANCE IN THE MODERN SOCIETY	59
<u>FROM THE HISTORY OF NAVIGATION</u>	
DEVELOPMENT OF AIR NAVIGATION IN RUSSIA. PART. 2 100 th ANNIVERSARY OF THE AIR FORCE.....	61
G. F. Molokanov	
<u>NEW PUBLICATIONS</u>	69
<u>PLANS AND CALENDARS</u>	73

Зарегистрировано в Минюсте РФ 14 марта 2012 г.
Регистрационный № 23479

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРИКАЗ

от 13 февраля 2012 г. № 35

**ОБ ОСНАЩЕНИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ АППАРАТУРОЙ
СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ГЛОНАСС ИЛИ ГЛОНАСС/GPS**

MINISTRY OF TRANSPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION

ORDER № 35, FEBRUARY 13th 2012

**ON THE EQUIPPING OF AIRCRAFT WITH GLONASS OR GLONASS/GPS SATELLITE
NAVIGATION EQUIPMENT**

Во исполнение пункта 5 постановления Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, № 35, ст. 4037) и в целях повышения уровня безопасности воздушных

перевозок и эффективности управления воздушным движением приказываю:

Утвердить прилагаемый график проведения работ по поэтапному оснащению аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS гражданских воздушных судов.

Министр И. Е. ЛЕВИТИН



Утвержден приказом Минтранса России
от 13 февраля 2012 г. № 35

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРАФИК

**ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ПОЭТАПНОМУ ОСНАЩЕНИЮ АППАРАТУРОЙ
СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ГЛОНАСС ИЛИ ГЛОНАСС/GPS ГРАЖДАНСКИХ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

1. Воздушные суда, используемые для перевозки опасных грузов — до 1 января 2014 г.
2. Воздушные суда отечественного производства, выпускаемые серийно, сертификат летной годности на которые впервые выдан после 31 декабря 2011 г.— с даты допуска к эксплуатации гражданского воздушного судна.
3. Воздушные суда отечественного производства, находящиеся в эксплуатации, сертификат летной годности на которые выдан до 1 января 2012 г.:
 - 3.1. Самолеты и вертолеты, используемые для коммерческих воздушных перевозок, с максимальным взлетным весом более 495 кг — до 1 января 2015 г.
 - 3.2. Самолеты и вертолеты авиации общего назначения, в том числе самолеты с максимальным взлетным весом 5700 кг и более, и вертолеты с максимальным взлетным весом 3100 кг и более — до 1 января 2016 г.
4. Воздушные суда иностранного производства, в том числе зарегистрированные в государственном реестре гражданских воздушных судов иностранного государства и включенные в сертификат (свидетельство) эксплуатанта, выданного в Российской Федерации:
 - 4.1. Самолеты и вертолеты, используемые для коммерческих воздушных перевозок, с максимальным взлетным весом более 495 кг — до 1 января 2017 г.
 - 4.2. Самолеты и вертолеты авиации общего назначения, в том числе самолеты с максимальным взлетным весом 5700 кг и более, и вертолеты с максимальным взлетным весом 3100 кг и более — до 1 января 2018 г.

Зарегистрировано в Минюсте РФ 14 марта 2012 г. № 23479

<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=127291>



ОТЧЕТ О 21-й СЕССИИ СОВЕТА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ (ФЕРНС)

REPORT ON THE 21st FERNS COUNCIL SESSION

Двадцать первая сессия Совета (ФЕРНС 21) проходила в гостинице «Бета Измайлово», Москва, Российская Федерация, в период 23–26 октября 2012 г. Председатель Виктор Царев, генеральный директор НТЦ «Интернавигация», открыл заседание и представил слово Валерию Куваеву, начальнику отдела Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, который зачитал обращение от Юрия Слюсаря, заместителя министра промышленности и торговли Российской Федерации, с приветствием участникам 21 сессии Совета ФЕРНС. Это участие подтверждает значение, которое правительства стран придают безопасности навигации и развитию морской индустрии, которые заметно влияют на социально-экономическое развитие стран. Это важное совещание дает участникам возможность обсудить технологии и международное сотрудничество в области радионавигации в Дальневосточном регионе. Юрий Слюсарь пожелал успехов Совету.

Затем Валерий Куваев от имени Олега Брянды, заместителя директора Департамента радиоэлектронной промышленности, также приветствовал участников и гостей. Он напомнил об усилиях, которые в прошедшие три года предприняло министерство промышленности и торговли Российской Федерации по модернизации станций Чайка для обеспечения надежности их работы в международных объединенных цепях с целью совершенствования безопасности, сокращения затрат и снижения энергопотребления. Он также отметил тот факт, что ФЕРНС является единственной международной структурой, где ведутся дискуссии об эффективном развитии, применении и совершенствовании радионавигационных систем на Дальнем Востоке. И хотя в Российской Федерации рассматривается возможность прекращения работы Чайки, а Япония уже запланировала закрыть свои станции Лоран-С в Дальневосточном регионе до 2015 г., он выразил надежду, что на 21 сессии Совета ФЕРНС члены ФЕРНС примут согласованные изменения будущего развития ФЕРНС.

В сессии приняли участие делегации стран-участниц ФЕРНС от Китайской Народной Республики, Японии, Республики Корея и Российской Федерации, а также наблюдателей от Международной ассоциации морских средств навигации и маячных служб (МАМС), Норвегии и Соединенного Королевства.

Был принят проект повестки для ведения заседания. Далее в ходе работы было единогласно решено немного скорректировать повестку с целью обсуждения

предлагаемых изменений в Соглашение ФЕРНС, подготовленных накануне Технической группой под руководством проф. Гуга.

Каждая из страны представила отчет о работе по программе Лоран-С/Чайка.

Китай сообщил о работе, обслуживании, технической модернизации и обучении персонала в системе Лоран-С и проинформировал Совет, что механизм ежеквартального отключения для технического обслуживания продолжится в 2012–2013 годах для получения необходимой доступности сигнала. Отключение на 96 часов сохранится в каждом квартале для технического обслуживания аппаратуры.

Япония представила отчет о работе Северной Тихоокеанской цепи (цепь D) с августа 2011 по июль 2012 г. Цифры показывают 99,70% и выше, за исключением ведущей станции Нииджима, которая отключена с 19 июня 2012 г. вследствие падения антенны после сильного тайфуна. Япония подробно рассказала об этом инциденте и о путях возвращения антенны в рабочее состояние в этом финансовом году. Япония представила запланированный график вывода из эксплуатации японских станций Лоран-С: станция Токатибуто в феврале 2013 г., Нииджима в феврале 2014 г. и Гезаси в феврале 2015 г.

Корея представила информацию о состоянии станций Лоран-С в Корейской цепи (GRI 9930) и о доступности каждой станции и базиса цепи, за исключением станции Усурийск, работы которой в нормальном режиме ожидают как можно скорее.

Россия проинформировала Совет о том, что от Кореи было получено письмо по дипломатическому каналу касательно включения станции Усурийск в соответствии с Приложением к Соглашению ФЕРНС. Председатель сказал, что намечено совещание в ноябре этого года с министерством обороны для обсуждения этой проблемы, и выразил надежду, что будет принято решение. Россия представит Корею принятое решение до конца текущего года.

Россия представила результаты анализа эксплуатации Российских станций в цепях В и С. Доступность станций составила 0,9999 для цепи В и 100% для цепи С на период октябрь 2011 – октябрь 2012 гг., при этом время технического отключения при оповещении пользователей не учитывалось.

Наблюдатель от Норвегии в своем выступлении представила информацию о четырех станциях Лоран-С, имеющихся в Норвегии. Было отмечено, что в настоящий

момент в Норвегии нет решения о будущем развитии станций Лоран-С в еЛоран. Это предмет для дискуссий и сотрудничества с Францией, Соединенным Королевством, Данией, с одной стороны, и Китаем, Японией, Кореей и Россией через ФЕРНС, с другой стороны. Далее, в 1995 г. начато двухстороннее сотрудничество с Россией с подписанием Межправительственного соглашения о создании объединенной радионавигационной службы в Баренцевом море с использованием станций Лоран-С и Чайка – Объединенной цепи Бё. Сотрудничество было усилено в 2010 г. принятием нового соглашения и созданием Норвежско-Российского Координационного совета Объединенной цепи Бё. Первое заседание технической рабочей группы прошло в июне 2011 г., но из-за продолжающихся размышлений, как в России, так и в Норвегии относительно будущего Чайки и Норвежской цепи Лоран-С последующие заседания были отложены. Однако в рамках заседания Совета ФЕРНС предполагались двусторонние дискуссии. Результат дискуссий и продвижения на международной арене – региональной и глобальной – необходимости системы резервирования ГНСС станет одним из факторов, которые правительство Норвегии будет принимать во внимание в отношении будущей работы Лоран в Норвегии. Наконец, представитель Норвегии выразила пожелание возобновить работу Российско-Норвежской рабочей группы по реализации Международного соглашения по созданию объединенной радионавигационной службы в Баренцевом море с использованием станций Лоран-С и Чайка.

Отвечая Корее на озабоченность относительно инфраструктуры вдоль Северного морского пути, Норвегия согласилась с его значением для судоходства всего мира и необходимостью наличия необходимой инфраструктуры и техники, в особенности спутниковых и наземных радионавигационных систем. Этот вопрос рассматривается Арктическим советом, но конкретных планов пока нет. Россия добавила, что необходимо приложить все усилия для продвижения требований потребителей, а также разработки комбинированных приемников (GPS/ГЛОНАСС/Лоран-С/Чайка).

Наблюдатель от Соединенного Королевства сообщил о программе еЛоран в Соединенном Королевстве. Он напомнил об уязвимости спутниковой навигации и о риске перебоев в работе из-за солнечной активности, случайных радиопомех и растущего воздействия преднамеренных помех и спуфинга. Он привел несколько примеров тестов и следствий воздействия уязвимости ГНСС, не только для навигации на море, но и для других областей, включая береговые службы. Он детально рассказал об опытном образце системы еЛоран GLA, работающей в настоящее время по обслуживанию порта Дувра и британского участка пролива Ламанш, но также дающей возможность точной передачи времени в Соединенном Королевстве и Ирландии, плюс закрытой связи, включая будущую береговую систему резервирования GPS в части сопровождения транспортных средств с ценными или секретными грузами. Такие же работы ведутся

в США. Затем представитель Соединенного Королевства рассказал о планах на будущее по работе над еЛоран в стране: 7 портов будут оснащены дифференциальной службой до конца 2013 г. и к 2018 г. ожидается полная эксплуатационная готовность.

В ходе обсуждения Россия предложила, чтобы страны ФЕРНС проявили активность и обратились в ИМО, МАМС, РТСМ и прочие международные организации о продвижении усовершенствованных систем Лоран и Чайка за счет применения гармонизированных стандартов. Было также признано, что сегодня очень мало специалистов по еЛоран и еЧайке, и нужны усилия для того, чтобы эти системы лучше понимались руководящими органами и людьми, отвечающими за безопасность на море. Представитель Соединенного Королевства настаивал на важности разработки унифицированных стандартов; его страна начала готовить предложение в МАМС и ИМО, а также в РТСМ. Было решено, что РТСМ является наиболее подходящим местом для начала такой дискуссии, и Совет ФЕРНС решил, что представитель Совета должен присутствовать на совещаниях комиссии SC/127 РТСМ и побуждать членов ФЕРНС также участвовать в этих совещаниях.

В соответствии с принятой процедурой Россия собрала графики отключения передатчиков в цепях ФЕРНС. Ко всем странам-членам обратились с просьбой проверить список и сообщить Корее о возможных изменениях до 1 декабря 2012 г. Затем Корею попросили разослать окончательный график всем странам-членам не позднее 31 декабря 2012 г.

Вследствие решения о закрытии станции Лоран-С в Токаибуту с 0000UTC 1 февраля 2013 г., Япония детально представила предлагаемые изменения в Приложение к Соглашению ФЕРНС – Руководству по эксплуатации – которые следуют из прекращения работы этой станции. В связи с отсутствием сообщений от других Сторон Совет ФЕРНС решил, что изменения нужно внести, и измененное Руководство по эксплуатации ФЕРНС будет разослано Сторонам ФЕРНС Кореей как принимающей Стороной в 2013 г.

Россия напомнила нынешнее состояние объединенных радионавигационных цепей в Дальневосточном регионе и внесла предложение об их будущем развитии, принимая во внимание решение Японии закрыть станции в Нииджима и Гезаси. После закрытия этих станций в Дальневосточном регионе останутся Восточная цепь Чайки и две цепи Лоран-С Китая, но с ограниченными рабочими зонами. Предложение заключается в замене станции Уссурийск на Хелонг в Корейской цепи, что повлечет за собой некоторое сокращение рабочей зоны, но изъятие станции Уссурийск из Корейской цепи позволит построить новую Российско-Корейскую цепь, составленную из станции Уссурийск как ведущей и Александровска-Сахалинского и Поханга как ведомых. Такая цепь позволила бы значительно расширить навигационное поле на суше и море. Результатом станет отсутствие перерывов между рабочими зонами Восточной цепи

Чайка и Китайских цепей Лоран-С, что означает непрерывную навигацию во всем морском бассейне. В заключение Россия предложила Китаю и Корее рассмотреть это предложение и сообщить свое мнение на следующей сессии Совета ФЕРНС, где, если его примут, можно будет рассмотреть график реализации.

Корея приветствовала это предложение и выразила готовность детально его рассмотреть. Корея напомнила, что в следующем году она создаст три станции eЛоран для перекрытия вод Кореи. Более широкая рабочая зона требует сотрудничества с Китаем и Россией, и дискуссии между тремя странами могут дать возможность обсудить и этот вопрос. Китай отметил это предложение и выразил согласие вернуться к позиции Китая на следующей сессии Совета.

В ходе обсуждения наблюдатель от Соединенного Королевства выразил мнение, что поскольку станции Чайка уже синхронизированы к UTC, то если бы Корея и Китай сделали то же самое, современные приемники Лоран/Чайка, которые видят все станции, смогли бы использовать все станции всех цепей. Это увеличило бы зону обзора.

Китай сделал сообщение о подходе к проблеме синхронизации времени Лоран-С. Проводились тесты, целью которых была проверка сигналов времени от передающей станции Лоран-С. Для этой цели провели расчеты расхождения между временем Лоран-С и временем GPS. Результаты испытаний показали, что чем выше отношение сигнал-шум у приемника Лоран-С, тем выше будут точностные характеристики приемника.

Россия описала характеристики аппаратно-программного комплекса для мониторинга качества работы станций Чайка. Целью ставилось повышение точности измерений с помощью сигналов Чайки и Лоран-С при использовании в качестве резерва к ГНСС.

При обсуждении вопросов координации с другими службами на Дальнем Востоке наблюдатель от Соединенного Королевства объяснил, что eЛоран разработана в США управлением гражданской авиации и что он может подтвердить, что eЛоран отвечает требованию захода на посадку для гражданской авиации RNP0.3, особенно касательно критерия целостности. Касательно точности времени система может давать точность 50 нс, если известно влияние суши. Так как спуфинг в GNSS, который может влиять и на решение времени, особенно трудно поддается обнаружению обычными средствами, eЛоран может помочь в защите от этой угрозы. Он сослался на отчет Волпе для правительства США от 2001 года, в котором спуфинг описан как наиболее трудноразличимая угроза. В заключение он проинформировал участников, что GLA провела исследование, в котором очевидно показано, что построение eЛоран вокруг побережья Соединенного Королевства позволит оптимизировать маяки и буи, и даст сокращение стоимости на 15%, что в два раза превышает стоимость eЛоран.

Корея сообщила, что Министерство земель, транспорта и морских дел в период с 1998 по 2009 гг. завершило установку 17 станций DGPS в морских и сухопутных

районах и эксплуатирует 17 станций мониторинга целостности DGPS с 2011 г. Были выполнены НИОКР по модернизации DGPS с помощью программных средств по Рекомендации МАМС R-135 «Будущее DGNSS». Так как движение транспорта на суше, мониторинг поля для прогулочных судов и средств, а также морской трафик требуют точной информации от DGPS, планируется способствовать развитию техники передачи информации DGPS через всевозможные средства вещания. Была также сделана презентация о разработке и тестировании новой станции контроля DGNSS на базе программного обеспечения. Нынешняя система DGPS страдает недостатком адаптируемости к аппаратным изменениям, новым сигналам, новым функциям и новым услугам. Чтобы подготовиться к рекомендациям будущих служб DGNSS ИМО и МАМС, нужно реализовать RTCM SC-104 на базе программного обеспечения, совместимого с функциями RSIM на платформе ПК в открытой архитектуре. Такая система будет весьма гибкой в аппаратном и программном решении для обеспечения быстрого роста, совместимого с приемниками потребителя и существующей аппаратурой на станциях и архитектурой систем. Система RSIM DGNSS на базе программного обеспечения служит для реализации опорной станции (RS), монитора целостности (IM) и контрольной станции (CS) с программным модулем, используя коммерческий готовый приемник GNSS. Это дает необходимую гибкость, так как аппаратура будет легко заменяться и перестраиваться. Следующим этапом станет добавление следующих функций для учета диверсификации службы DGNSS: DGPS + ДГЛОАСС + другие спутниковые системы на базе RSIM; обнаружение и идентификация аномалий спутников; обнаружение помех; использование информации о поправках; сеть DGNSS и реализация мульти-CS; соединение с нынешней операционной системой, такой как интегрированная система мониторинга. Корея также описала разработку регионального функционального дополнения и коммерциализации службы DGPS на базе наземной цифровой мультимедийной системы вещания (DMB) для максимизации приложений национальной DGPS (NDGPS). Проект стартовал в августе 2010 г. и был успешно завершен в июле 2012 г.

В первый год проекта Университет Inha разработал региональную систему функционального дополнения (RAAS), собирающую данные от различных имеющихся систем функционального дополнения, и достиг того же уровня точности местоопределения по всей обслуживаемой территории путем разработки виртуальных контрольно-корректирующих станций для преодоления снижения точности местоопределения за счет нынешней зависимости от одной контрольно-корректирующей станции. Четыре главные вещательные компании успешно разработали эффективные схемы для кодирования и декодирования сообщений DGPS по сигналам маяков DMB. Они также разработали испытательный стенд для работы внутри помещений для проверки обратной совместимости существующей аппаратуры DMB.

На второй год работы по проекту Университет Inha добавил возможности мониторинга целостности в системе RAAS, а вещательные компании ввели и модифицировали стандарты вещания DMB-DGPS. Начиная с начала 2012 года, с помощью различных испытательных комплексов был достигнут высокий уровень точности местопредопределения около 1 метра на открытом пространстве при хорошей видимости и чистом небе.

Россия представила информацию о состоянии Российской морской дифференциальной подсистемы в Дальневосточной регионе. В соответствии с планами развития национальных дифференциальных подсистем в интересах морских потребителей в Дальневосточных водах полностью функционируют 13 контрольно-корректирующих станций. Были представлены характеристики всех станций, включая их частоты. До 2020 г. будут развернуты еще четыре. Россия подтвердила свои усилия по повышению точности станций в регионе Баренцева моря и за его пределами вдоль Северного морского пути, и объяснила, что есть новая тенденция среди моряков принять идею возобновления использования наземной радионавигационной системы. Несмотря на трудные условия, это должно включать в себя систему Чайка и разработку контрольных станций.

Россия сделала презентацию о разработке навигационной аппаратуры потребителя (UNE) для ГНСС. Презентация включала в себя участвующие организации, электронные компоненты, разные типы разработанной аппаратуры и их разных пользователей со средствами мониторинга.

Председатель пригласил представителя фирмы ТРАНЗАС сделать доклад о е-навигации и о взглядах компании на ее реализацию. Выступавший напомнил определение ИМО для е-навигации, а также 3 ключевых элемента, необходимых для ее реализации: рабочую зону ENC, надежную систему КВНО и инфраструктуру согласованной связи. Затем он представил разработку аппаратуры в части КВНО, в частности, разработку приемника GNSS, способного обеспечивать не только время UTC, координаты, курс и скорость на земле, но также истинный курс с точностью лучше 0,2°. Он также дал обзор всех типов АИС, разработанных этой компанией, и закончил описанием проекта по развертыванию группировки из 4 спутников к 2014 году для обнаружения АИС класса А и поиска и спасения для мониторинга трафика и целей поиска и спасения.

Представитель МАМС воспользовался возможностью, представленной этой российской презентацией, и напомнил участникам о существовании системы IALA-NET, которая помогает руководствам стран, отвечающим за обмен информацией АИС в мире, и предложила членам Совета побудить свои страны присоединиться к системе, как это сделали Китай и Норвегия.

Россия представила результаты исследований условий навигации вдоль Северного морского пути в августе и сентябре 2011 г. Основными целями эксперимента были: оценка реальных условий навигации вдоль Северного морского пути и Дальневосточного побережья России,

проверка отечественных и зарубежных приемников потребителей в различных режимах навигации, включая дифференциальный, оценка метода для построения опорной траектории на базе пост-обработки данных от двухчастотных приемников (L1, L2) ГЛОНАСС/GPS, и оценка технологий обмена данными между подвижным объектом и ИАЦ КВНО, а также центром мониторинга в КБ НАВИС в Санкт-Петербурге. Основные результаты эксперимента описаны следующим образом:

- была получена оценка условий навигации вдоль СМП и побережья Дальнего Востока России. Условия навигации оценены как благоприятные;
- был разработан и реализован метод построения референционной траектории, с учетом особенностей эксперимента;
- была получена оценка точности референционной траектории;
- была протестирована выборка приемников отечественного и зарубежного производства;
- были получены оценки точности местопредопределения приемников в различных режимах – ГЛОНАСС, GPS, ГЛОНАСС + GPS;
- был выполнен сравнительный анализ выборки, как в абсолютном, так и в относительном дифференциальных режимах навигации;
- оценены точности и вскрыты особенности функционирования выборки приемников; Российский RIMS передал информацию разработчикам и эксплуатирующим организациям;
- разработана и внедрена автоматизированная система передачи характеристик судна на сервер ИАЦ КВНО через спутник Иридиум;
- были проведены испытания актуальных новых российских разработок в морской навигации: системы мониторинга судов на базе SN-5703 (НАВИС) и аппарата для определения ориентации корабля по сигналам GNSS (RadioComplex).

В ответ на вопросы от Норвегии и Соединенного Королевства Россия подтвердила, что эксперимент показал, что, несмотря на высокие широты, рабочей зоны спутников достаточно для гарантирования качественной точности навигации. С другой стороны, критерий целостности не был частью эксперимента, и его нужно тестировать отдельно.

При обсуждении предложения по изменениям в «Соглашение ФЕРНС» вначале было упомянуто, что на 20 сессии Совета ФЕРНС было принято решение просить «проф. Гуга возглавить группу энтузиастов, в которую войдут по одному представителю от каждой организации, представленной в ФЕРНС, от Китая, Японии, Кореи и России, плюс один представитель от делегации МАМС, для обсуждения всех вопросов по Соглашению ФЕРНС касательно радионавигационных служб наземного базирования с целью подготовки будущей дискуссии по этому вопросу внутри Совета». Проф. Гуг доложил результат работы группы энтузиастов, включая дискуссии, которая прошла накануне. Было выработано решение, что возможные изменения

в Соглашение должны быть минимальны и должны также учитывать пожелание, высказанное Японией, вывести из Соглашения все свои станции Лоран-С к 2015 г. В соответствии с этим проф. Гуг представил Совету проект, содержащий предлагаемые изменения. По просьбе Председателя обсуждение началось с изменений, предложенных руководителем группы энтузиастов. Китай ответил, что новый текст был получен только во вторник и не было возможности проконсультироваться со столицей. Япония подтвердила, что несмотря на усилия со стороны группы энтузиастов по подготовке изменений, которые принимают во внимание особую ситуацию в Японии, решение Японии о выходе из Соглашения изменено не будет в любом случае. Поэтому Япония в меньшей степени озабочена принятием каких-либо изменений, даже если эти изменения вступят в силу до фактического выхода страны. Однако Япония указала, что предложенные изменения в Статью 4 представляются неверными, так как это обязало бы Стороны менять Соглашение каждый раз, когда закрывается действующая станция Лоран/Чайка или открывается новая. Представитель Кореи выразил мнение, что предложение изменить содержание без изменения названия приведет к путанице. Он сказал, что с выходом Японии нужно переделывать Соглашение и начать обсуждать принципиальные вопросы без деталей, поставив такие вопросы, как: хотят ли Стороны продолжать ФЕРНС, чего Стороны хотят достичь между собой с помощью такого соглашения, каковы общие моменты между ними, что они хотят внести в новое соглашение? Корея предложила, чтобы каждый сделал свой вклад, чтобы их объединить следующей принимающей Стороне (Корея) и обсудить затем на следующей сессии Совета ФЕРНС.

Россия ответила Корею, что Совет не получал полномочий от своих правительств начинать такое обсуждение и что сессия должна придерживаться своей повестки. Предложено согласиться проанализировать текст, предложенный проф. Гугом, и затем проинформировать свои руководства и просить от них указаний. Япония и Корея согласились продолжить рассмотрение предложенных изменений, но Китай повторил, что у них не было времени изучить предложение. Тогда председатель принял решение отложить обсуждение до пятницы и попросил Китай попытаться подготовиться к принятию участия в обсуждении, когда оно возобновится.

Председатель Виктор Царев возобновил работу по повестке в последний день работы сессии и сделал следующее предложение: текст, подготовленный группой энтузиастов, не требует какого-либо одобрения на данном этапе, но послужит базой для четырех делегаций начать обсуждения внутри стран со своими администрациями и получить указания на продолжение проработки изменения к Соглашению. Он предложил, чтобы в последующие месяцы в соответствии с предложением, сделанным проф. Гугом, координатором обмена мнениями между делегациями стал бы Виктор Царев, и предложил делегациям высылать ему свои соображения и комментарии с целью продвижения вперед в этой работе и создания

условия к следующей сессии Совета в Корею для возможности рекомендовать согласованный текст Сторонам ФЕРНС. Делегации договорились о процедуре. Совет ФЕРНС выразил благодарность руководителю и членам группы энтузиастов за их важную и плодотворную работу, проделанную в соответствии с поручением Совета.

Далее Председатель ТРГ проф. Гуг Сунь-ги доложил, что группа приняла и обсудила несколько презентаций по техническим проблемам, касающимся не только Лоран-С и Чайки, но и других радионавигационных систем и аппаратуры. Часть совещания была посвящена обсуждению проекта текста, подготовленного группой энтузиастов, которую Совет на своей 20 сессии попросил возглавить проф. Гуга. Отчет ТРГ был одобрен. Председатель Технической рабочей группы также предложил, чтобы дата и место проведения 8 заседания ТРГ ФЕРНС пришлось на день, предшествующий началу 22 сессии в Корею. Это предложение не встретило возражений.

Россия рассказала об Испытательном Центре для сертификации радионавигационного оборудования и аппаратуры потребителей. Испытательный Центр, развернутый НТЦ «Интернавигация», предназначен выполнять полный набор комплексных испытаний навигационной аппаратуры потребителя (НАП), включая оценку параметров, с целью выработки решения касательно сертификации и определения типа.

МАМС сделала презентацию о недавно созданной Всемирной Академии МАМС, которая считается средством, с помощью которого МАМС осуществляет обучение и наращивает возможности. Академия является частью МАМС, но с независимым финансированием. Была представлена работа в 2012 году и различные проекты на два года вперед. Было отмечено, что инициатива МАМС встречена очень хорошо, но успех может быть достигнут при поддержке всеми членами МАМС.

В заключение по приглашению Республики Корея было решено, что 22 сессия Совета пройдет в Корею с 14 по 18 октября 2013 г. Корея определит точное место проведения сессии и проинформирует членов ФЕРНС не позднее 31 мая 2013 г. Совет рассмотрел проект отчета 21 сессии и принял его с изменениями. Совет выразил большую признательность России, Министерству промышленности и торговли, Департаменту радиоэлектронной промышленности и руководству НТЦ «Интернавигация» за прекрасную организацию совещания, гостеприимство, проявленное ко всем участникам, и очень интересные экскурсии в Музей космонавтики и в Музей Изобразительных искусств им. Пушкина. Особую благодарность выразили в адрес генерального директора НТЦ «Интернавигация» Виктора Царева за ведение сессии с большой компетентностью и тщательностью. Председатель в ответ выразил признательность всем делегатам за плодотворную работу, взаимопонимание и сотрудничество, которые способствуют успеху работы ФЕРНС в целом и, в частности, 21 сессии.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕНДЕНЦИИ И ГАРМОНИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ»

SCIENTIFIC CONFERENCE «TRENDS AND HARMONISATION OF RADIONAVIGATION DEVELOPMENT»

14 ноября 2012 года в помещении Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) состоялась 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 88 специалистов от 38 организаций государств-участников СНГ: Азербайджанской Республики, Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Республики Таджикистан, Российской Федерации, Украины.

Перед началом конференции с приветственным словом выступил от лица администрации МАДИ заведующий кафедрой, профессор, доктор технических наук Власов В. М.

В ходе конференции было представлено 19 докладов по актуальным вопросам развития и использования космических и наземных радионавигационных систем:

1. **Готов В. Д. (ИАЦ КВНО ЦНИИмаш)** «Основные итоги выполнения ФЦП «Глобальная навигационная система», цели и задачи новой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на период 2012–2020 гг.».
2. **Карутин С. Н., Пушкарев Ю. П. (ОАО «РКС»)** «Состояние и перспективы развития системы дифференциальной коррекции и мониторинга СДКМ ГЛОНАСС».
3. **Соловьев Ю. А. (РОИН), Царев В. М. (ОАО «НТЦ «Интернавигация»)** «Требования потребителей в Радионавигационном плане РФ и их удовлетворение СДКМ ГЛОНАСС».
4. **Саблин В. Н., Парамонов И. В., Бурмистров Е. А. (ОАО «ЦНИИРЭС»)** «Система синхронизации для локальных пространственно разнесенных радиотехнических комплексов».
5. **Ярлыков М. С., Скогорев К. К. (ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»)** «Спектральные характеристики AltWos-сигналов спутниковых навигационных систем нового поколения».
6. **Вейцель А. В. (ООО «Топкон», МАИ)** «Совершенствование спутниковой навигационной аппаратуры потребителя для высокоточных приложений».
7. **Платонов С. А. (ИАЦ КВНО ЦНИИмаш)** «Реализация в ЦНИИмаш системы мониторинга навигационного поля ГЛОНАСС по глобальной сети станций в режиме реального времени в интересах информационного обеспечения потребителей».
8. **Аникин А. Л., Завалишин О. И., Папков Р. С., Резник Б. И. (ОАО «Бортовые аэронавигационные системы», НППФ «Спектр»)** «Использование возможностей спутниковой системы посадки ЛККС-А-2000 для решения задач вихревой безопасности и метеообеспечения в районе аэродрома».
9. **Веремеенко К. К. (МАИ)** «Возможности лаборатории «Испытания интегрированных навигационных систем».
10. **Власов В. М., Ефименко Д. Б., Богумил В. Н. (МАДИ, НПП «Транснавигация»)** «Основные принципы обеспечения безопасности и эффективности пассажирских перевозок при проведении массовых многодневных спортивных мероприятий на основе использования спутниковых навигационно-диспетчерских систем».
11. **Дубинко Ю. С. (ОАО «ГНИНГИ», ЗАО «КБ «НАВИС»)** «Альтернативная концепция развития ГЛОНАСС».
12. **Нестерович А. Г. (НИИ радиотехнических измерений, г. Харьков)** «Состояние и перспективы развития наземной инфраструктуры ГНСС в Украине».
13. **Редкозубов В. Н., Соловьев Ю. А., Царев В. М. (ОАО «НТЦ «Интернавигация», РОИН)** «О разработке Радионавигационного плана государств-участников СНГ».
14. **Корчагин В. А., Иовенко Ю. А. (ФГУП «ГосНИИ «Аэронавигация»)** «Вопросы международной стандартизации системы ГЛОНАСС, ее функциональных дополнений и аппаратуры пользователей для гражданской авиации».
15. **Муравьев А. Б. (ЗАО «КБ «НАВИС», Совет ГК НАП)** «Вопросы унификации требований к навигационно-информационным системам».
16. **Качанов Б. О., Толстолужинский Е. Ю. (ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского**

и Ю. А. Гагарина») «Алгоритм определения параметров ориентации ЛА при комплексировании СНС и инерциальных датчиков».

17. Гамаюнов И. Ф. (ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина») «Классификация функциональных дополнений к СРНС».
18. Савельев С. А., Денисенко В. В., Лямин Ю. П. (ОАО «НИИ КП») «Развитие эфемеридно-временного обеспечения ГНСС ГЛОНАСС/GPS».
19. Филязов С. А., Шабатура Ю. М. (ЛИИ им. М. М. Громова) «Оценка характеристик помехоустойчивости спутникового канала навигации с антенным подавителем помех в условиях летного эксперимента».

В ходе работы конференции было принято следующее решение.

Конференция отмечает:

Воссоздание в 2011 году в ходе реализации ФЦП «Глобальная навигационная система» спутниковой группировки ГЛОНАСС в полном составе из 24 космических аппаратов (КА) явилось выдающимся шагом вперед в деле развития высокоточного навигационного обеспечения космических, авиационных, морских, речных и наземных объектов России, государств-участников СНГ и других стран. Создателям ГЛОНАСС за полное развертывание группировки в Великобритании на ежегодном общем собрании Королевского института навигации по праву вручена награда, учрежденная герцогом Эдинбургским. Благодаря воссозданию и успешному функционированию орбитальной группировки обеспечивается 100-процентная доступность навигационного поля системы ГЛОНАСС на территории России и глобально. При этом точность системы ГЛОНАСС обеспечена на конкурентоспособном уровне — со среднеквадратическим отклонением 5,6 м, что удовлетворяет требованиям большинства потребителей.

Подготовлено официальное правительственное заявление для мирового сообщества и Международной организации гражданской авиации (ИКАО) «О предоставлении для использования на безвозмездной основе системы ГЛОНАСС» в интересах пролонгации аналогичного заявления 1995 года.

Созданные и разрабатываемые функциональные дополнения (дифференциальные подсистемы, ДПС) ГЛОНАСС и GPS служат важными средствами дальнейшего повышения точности и надежности информации спутниковых радионавигационных систем (СРНС). К настоящему времени в России и в соответствии с планами государств-участников СНГ начато практическое освоение ДПС на акваториях морей по периметру России и на ее внутренних водных путях, в интересах геодезии и землеустройства, для захода на посадку по I-й категории метеоминимума воздушных судов (ВС) в аэропортах Анапа, Внуково, Грозный, Екатеринбург, Красноярск, Минеральные Воды, Надым, Новосибирск, Норильск, Ноябрьск,

Ростов-на-Дону, Салехард, Самара, Санкт-Петербург, Сургут, Тюмень (Рошино), Хабаровск и др.

Исключительно важными являются проведенные в рамках ФЦП «Глобальная навигационная система» работы по созданию российской широкозонной системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), включая запуск первых геостационарных КА «Луч-5А» и «Луч-5Б», создание последующих КА, определение облика средств передачи корректирующей информации, размещения контрольных станций, структуры передаваемых сообщений и др. Заинтересованность в проведении этих работ выражают авиационные потребители, речной, автомобильный и железнодорожный транспорт и др. Однако, вопросы ее взаимоотношения с ними из-за отсутствия необходимых интерфейсных документов остаются недостаточно определенными.

Важную роль в вопросе совершенствования радионавигационного обеспечения должна сыграть новая версия геоцентрической системы координат для ГЛОНАСС ПЗ-90.11, которая по некоторым оценкам может повысить точность определения координат не менее чем на 15%.

Представленные на конференции доклады продемонстрировали расширение областей использования радионавигационного обеспечения при решении транспортных, коммуникационных, социальных, гуманитарных и многих других задач.

Практически важными и полезными являются выпущенные и создаваемые госорганами (Минтранс) нормативные документы, определяющие использование системы ГЛОНАСС различными видами транспорта. Эта работа нуждается в продолжении.

В то же время радионавигационное обеспечение России и государств-участников СНГ, осуществляемое с помощью спутниковых и наземных радионавигационных систем (РНС), требует дальнейшего совершенствования. Это определяется возможностями наземных РНС и специфическими особенностями работы СРНС вследствие блокирования сигналов спутников в условиях городской застройки и горной местности, понижением точности из-за многолучевости, недостаточной помехоустойчивостью, возможностями потребительской аппаратуры и автономных систем, уровнем освоения спутниковых технологий.

Важной проблемой остается независимый контроль характеристик СРНС и обеспечение целевой 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: создание специальных средств обнаружения и подавления помех, совершенствование и разработка инерциальных средств нового поколения, комплексирование приемной аппаратуры СРНС с автономными средствами (инерциальные системы на кольцевых лазерных и волоконно-оптических гироскопах, микромеханических

датчиках, аэрометрические, корреляционно-экстремальные, курсо-доплеровские, одометрические системы и др.).

Новые расширенные требования к радионавигационному обеспечению, совершенствование и развитие технических средств учтены в Радионавигационном плане Российской Федерации, а также в работах по созданию Радионавигационного плана государств – участников Содружества Независимых Государств и в мероприятиях Межгосударственной радионавигационной программы государств-участников СНГ на период до 2015 года.

Конференция рекомендует:

1. Планируемые в рамках ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы» мероприятия по поддержанию системы ГЛОНАСС в составе не менее 24 КА, а затем увеличению орбитальной группировки до 30 КА с переходом на КА «Глонасс-К» считать важнейшей задачей развития радионавигационного обеспечения Российской Федерации.
2. Продолжить и активизировать работы по исследованию возможностей использования в системе ГЛОНАСС альтернативных сигнально-кодовых конструкций, в частности, меандровых широкополосных сигналов, с целью расширения круга задач, выполняемых на основе спутниковой навигации, и улучшения основных характеристик системы.
3. Интенсифицировать работы по созданию отечественной широкозонной СДКМ в интересах удовлетворения требований как авиационных, так и морских, речных и наземных потребителей, выпуску соответствующих интерфейсных контрольных документов и проведению мероприятий по согласованию характеристик системы с потребителями России и СНГ.
4. Рекомендовать отработку и реализацию процедур независимого контроля характеристик ГЛОНАСС и других систем, в том числе внедрение комплексной автоматизированной системы сбора и доведения до авиационных пользователей информации о мониторинге спутниковых сигналов.
5. Продолжить внедрение авиационных локальных дифференциальных подсистем посадки и мониторинга типа ЛККС-А-2000 и ЛКС-А-2008 на аэродромы России, а также соответствующего бортового оборудования на воздушные суда. Продолжить внедрение спутниковых технологий при полетах воздушных судов, в том числе в районе аэродрома и при заходе на посадку, включая работы по исследованию возможностей ЛККС для обеспечения посадки ВС в условиях II–IIIА категорий ИКАО.
6. Наземные РНС считать по-прежнему необходимыми для обеспечения эффективности, живучести и надежности радионавигационного обеспечения подвижных объектов и в условиях полной орбитальной группировки ГЛОНАСС.
7. Продолжить работы по созданию и совершенствованию мультисистемной (ГЛОНАСС/GPS/ГАЛИЛЕО/КОМПАС), многочастотной и многорежимной приемной аппаратуры потребителей, средств мониторинга электромагнитной обстановки, выявления и борьбы с помехами СРНС, по комплексированию потребительской аппаратуры СРНС с автономными средствами счисления (инерциальные системы на микроэлектромеханических и других датчиках и др.) различных транспортных средств в интересах обеспечения повышения точности, непрерывности, доступности и целостности навигации.
8. Рекомендовать существенное усиление работ по созданию отечественных инерциальных датчиков с приемлемыми характеристиками (кольцевых лазерных, волоконно-оптических, твердотельных, микроэлектромеханических гироскопов, различных акселерометров) и соответствующих инерциальных систем всех классов точности для различных потребителей.
9. Активизировать работы по геодезическому, картографическому и гидрографическому обеспечению маршрутов движения транспортных средств, в том числе заходов на посадку воздушных судов, движения автотранспорта, проводок морских и речных судов в портах, узкостях, на внутренних водных путях и т. д.
10. Поддерживать предложения по созданию новой межведомственной структуры, курирующей вопросы развития системы ГЛОНАСС. Продолжить 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 системы информационного обмена МГС «Радионавигация».
11. Продолжить работу в области создания нормативной правовой базы по использованию СРНС, в первую очередь ГЛОНАСС, на транспорте и в других областях. С целью консолидации усилий и координации деятельности ведущих предприятий и организаций в области унификации системных требований (целостность, доступность, надежность, оперативность, устойчивость, эффективность и др.) к навигационно-информационным системам (НИС), считаем необходимым привлекать представителей общественных и научных организаций (Ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум», МГС «Радионавигация», РОИН, МАДИ, МАИ и др.) при обеспечении ведущей роли Совета главных конструкторов предприятий разработчиков и производителей навигационной аппаратуры потребителей, к участию в процессе создания и проведения испытаний элементов и составных частей НИС.
12. Для ускорения процесса международной стандартизации системы ГЛОНАСС, ее функциональных

дополнений и навигационной аппаратуры потребителей для гражданской авиации, как обязательного условия успешного продвижения навигационной аппаратуры ГЛОНАСС, активизировать деятельность представителей заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, обеспечить участие предприятий российской промышленности, научных организаций в работе международных и зарубежных национальных организаций гражданской авиации (ICAO, EUROCAE, RTCA) на постоянной системной основе.

13. Обеспечить скорейшую публикацию материалов утвержденной новой версии геоцентрической системы координат ПЗ-90.11 и их внедрение в соответствующий ГОСТ «Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек».
14. Продолжить практику привлечения представителей общественных организаций (РОИН и др.) к мероприятиям по разработке планирующих и концептуальных документов, касающихся радионавигационного обеспечения широкого круга потребителей, включая заседания по навигационным вопросам коллегий Минтранса России, Минпромторга России, Роскосмоса, Росавиации и других федеральных органов исполнительной власти.
15. Продолжить работы по уточнению требований к координатно-временному и навигационному обеспечению России и государств-участников СНГ. Материалы конференции

использовать в ходе работ по завершению разработки Радионавигационного плана государств – участников СНГ, Межгосударственной радионавигационной программы государств-участников СНГ на период до 2015 года, в ходе реализации ФЦП «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы», при модернизации и создании радиотехнических и инерциальных навигационных систем, потребительской аппаратуры и диспетчерских систем.

16. Обеспечить публикацию докладов конференции на страницах журнала «Новости навигации», на сайтах ОАО «НТЦ «Интернавигация».

В заключение конференции состоялся отчет о работе руководящего органа РОИН и продлена работа Исполкома РОИН в составе:

- Президент – Соловьев Юрий Арсеньевич, профессор, доктор технических наук, г. Москва, ОАО «НТЦ «Интернавигация».
- Вице-президент – Царев Виктор Михайлович, кандидат технических наук, г. Москва, ОАО «НТЦ «Интернавигация».
- Вице-президент – Белгородский Семен Львович, профессор, доктор технических наук, г. Москва, ФГУП «ГосНИИ «Аэронавигация».
- Вице-президент – Алексеев Сергей Петрович, профессор, доктор технических наук, г. Санкт-Петербург, ОАО «ГНИНГИ».
- Вице-президент – Власов Владимир Михайлович, профессор, доктор технических наук, г. Москва, Московский автомобильно-дорожный государственный университет.

39-е ЗАСЕДАНИЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СОВЕТА «РАДИОНАВИГАЦИЯ»

39th SESSION OF THE INTERSTATE COUNCIL OF THE CIS

39-е заседание Межгосударственного совета «Радионавигация» прошло 15 ноября 2012 года в г. Москва. В заседании Межгосударственного совета «Радионавигация» (далее – Совет) приняли участие полномочные представители и эксперты от Республики Беларусь, Республики Казахстан, Киргизской Республики, Российской Федерации, Республики Таджикистан, Украины, а также Республики Армения (в качестве наблюдателя), Исполнительного комитета СНГ (список прилагается).

Заседание открыл заместитель директора Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России Брянда О. Е.

Председательствовал на заседании председатель Совета Суворов А. Е.

С приветствием к участникам заседания обратился консультант департамента экономического

сотрудничества Исполнительного комитета СНГ Верещако В. А.

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

1. О завершении работ по Межгосударственной радионавигационной программе государств – участников СНГ на период до 2012 года

(Суворов А. Е., Кутько А. В., Дюсенов С. Т., Буралхиева Р. С., Царев В. М., Редкозубов В. Н., Ковынев С. Н., Верещако В. А.)

1.1. Принять к сведению следующую информацию членов Совета от Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации о ходе выполнения работ в 2012 году по Межгосударственной

радионавигационной программе государств – участников СНГ на период до 2012 года (далее – МРП).

Республика Беларусь

ОКР «Облик – СНГ». Головной исполнитель ОАО «СКБ «Камертон».

Сроки выполнения работы: 2010-2011 годы. Срок завершения работы был продлен на один год по решению национальных государственных заказчиков (для ОАО «СКБ «Камертон» и АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары»).

Согласно техническому заданию были разработаны комплекты конструкторской документации и изготовлены опытные образцы модулей навигационно-информационной системы.

До конца 2012 года необходимо провести предварительные и приемочные испытания указанных модулей и корректировку конструкторской документации по результатам испытаний.

НИР «Сертификация – СНГ». Головной исполнитель ОАО «СКБ «Камертон». Сроки выполнения работы: 2010-2012 годы.

Совету представлен проект Системы сертификации, обеспечивающей в СНГ единые требования к критериям и порядку проведения сертификации радионавигационного оборудования и аппаратуры потребителей, а также единые требования к картографической продукции. До конца года согласно техническому заданию будет разработан итоговый отчет по НИР «Сертификация – СНГ».

Республика Казахстан

ОКР «Испытательный центр – СНГ». Головной исполнитель АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары». Сроки выполнения работы: 2010–2012 годы.

В 2012 году были изготовлены опытные образцы испытательных центров.

До конца 2012 года необходимо провести предварительные и приемочные испытания центров и корректировку конструкторской документации по результатам испытаний.

НИР «Норматив – СНГ». Головной исполнитель АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары». Сроки выполнения работы: 2010–2011 годы. Первоначальный срок завершения работ по решению национальных государственных заказчиков продлен на один год.

На заседании Совета рассмотрен и одобрен согласованный с национальными государственными заказчиками Перечень разрабатываемых межгосударственных стандартов.

До конца года согласно техническому заданию будет разработан итоговый отчет по НИР «Норматив – СНГ».

НИР «ИТС – СНГ». Головной исполнитель АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары». Срок выполнения работы – 2012 год.

На заседании Совета рассмотрен и одобрен согласованный с соисполнителями и национальными государственными заказчиками проект Концепции создания интеллектуальной системы наземного транспорта стран СНГ.

До конца года согласно техническому заданию будет разработан итоговый отчет по НИР «ИТС – СНГ».

Российская Федерация

ОКР «Информатизация – СНГ». Головной исполнитель ОАО «НТЦ «Интернавигация». Сроки выполнения работы: 2010–2011 годы. Срок завершения работы был продлен на один год по решению национальных государственных заказчиков (для ОАО «СКБ «Камертон» и АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары»).

К настоящему времени в АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» завершается создание опытного образца национального информационного центра по радионавигации (НИЦ).

До конца 2012 года необходимо провести предварительные и приемочные испытания НИЦ и Межгосударственной научно-информационной системы «Радионавигация» в целом.

НИР «РНП – СНГ». Головной исполнитель ОАО «НТЦ «Интернавигация». Сроки выполнения работы: 2010–2011 годы. Работа завершена. Проект Радионавигационного плана государств – участников СНГ разработан, согласован Республикой Армения, Республикой Беларусь, Республикой Казахстан, Кыргызской Республикой, Республикой Молдова, Российской Федерацией, Республикой Таджикистан.

НИР «РНИ – СНГ». Головной исполнитель ОАО «НТЦ «Интернавигация». Срок выполнения работы – 2012 год.

На заседании Совета рассмотрен и одобрен согласованный с соисполнителями и национальными государственными заказчиками проект Концепции, определяющей использование радионавигационной информации в интересах различных групп потребителей государств – участников СНГ и план ее реализации.

До конца года согласно техническому заданию будет разработан итоговый отчет по НИР «РНИ – СНГ».

- 1.2. Одобрить разработанные Республикой Беларусь (ОАО «СКБ Камертон») проект Системы сертификации, обеспечивающий в СНГ единые требования к критериям и порядку проведения сертификации радионавигационного оборудования и аппаратуры потребителей, а также единые требования к картографической продукции.
- 1.3. Одобрить разработанный Республикой Казахстан (АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары») и согласованный с соисполнителями и национальными государственными заказчиками Перечень разрабатываемых межгосударственных стандартов.
- 1.4. Одобрить разработанный Республикой Казахстан (АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары») и согласованный с соисполнителями и национальными государственными заказчиками проект Концепции создания интеллектуальной системы наземного транспорта стран СНГ, отвечающей международным нормам и требованиям.
- 1.5. Одобрить разработанный Российской Федерацией (ОАО «НТЦ «Интернавигация») проект Концепции, определяющей использование радионавигационной

информации в интересах различных групп потребителей государств — участников СНГ и план ее реализации.

- 1.6. Головным исполнителям работ обеспечить их завершение до 20 декабря 2012 года.

2. О Межгосударственном радионавигационном плане государств — участников СНГ

(Царев В. М.)

Одобрить разработанный проект Радионавигационного плана государств — участников СНГ и согласованный Республикой Армения, Республикой Беларусь, Республикой Казахстан, Кыргызской Республикой, Республикой Молдова, Российской Федерацией, Республикой Таджикистан. Совету направить проект Радионавигационного плана государств — участников СНГ в Исполнительный комитет СНГ для рассмотрения и утверждения в установленном порядке.

3. О проектах Положения о Национальном научно-информационном центре и Положения о Межгосударственной научно-информационной системе «Радионавигация»

(Царев В. М.)

Одобрить проекты Положения о Национальном научно — информационном центре и Положения о Межгосударственной научно — информационной системе «Радионавигация». Совету направить указанные проекты в Исполнительный комитет СНГ для рассмотрения и утверждения в установленном порядке.

4. О подготовке отчета о реализации Межгосударственной радионавигационной программы государств — участников СНГ на период до 2012 года

(Суворов А. Е., Кутько А. В., Дюсенов С. Т., Царев В. М., Верещако В. А.)

- 4.1. Просить национальных государственных заказчиков МРП подготовить и до 15 января 2013 года представить заказчику-координатору итоговый отчет с учетом расходования финансовых средств, выделенных на реализацию МРП и их целевом использовании, а также о достижении целей и реализации задач по каждой подпрограмме в отдельности и по программе в целом, в соответствии с пунктом 32 Порядка разработки, реализации и финансирования межгосударственных целевых программ СНГ, утвержденного Решением Совета глав правительств СНГ от 16 апреля 2004 года.
- 4.2. Рекомендовать заказчику — координатору МРП подготовить отчет о реализации МРП в целом, организовать его рассмотрение на очередном заседании национальных государственных заказчиков и заседании Совета в первой декаде февраля 2013 года.

5. О ходе разработки проекта Межгосударственной радионавигационной программы государств — участников СНГ на период до 2015 года

(Суворов А. Е., Кутько А. В., Дюсенов С. Т., Царев В. М., Редкозубов В. Н., Верещако В. А.)

- 5.1. Заслушав информацию представителей национальных государственных заказчиков, Совет отмечает, что указанный проект Межгосударственной радионавигационной программы государств — участников СНГ на период до 2015 года (МРП) после рассмотрения на 38-ом заседании Совета был направлен правительствам государств — участников Программы. Согласование проекта с заинтересованными министерствами и ведомствами в государствах — участниках СНГ до настоящего времени не завершено.

- 5.2. Доработанный с учетом полученных замечаний и одобренный Советом проект МРП в недельный срок Заказчику — координатору направить на рассмотрение национальным государственным заказчиком, Совету направить на рассмотрение правительствам государств — участников СНГ.

Рекомендовать национальным государственным заказчиком МРП принять меры по согласованию проекта МРП на период до 2015 года с органами исполнительной власти соответствующих государств и представить его на рассмотрение 40-го заседания Совета.

- 5.3. С учетом необходимости продолжения работ в 2013 году по радионавигационной тематике в рамках МРП на период до 2015 года национальным государственным заказчиком проработать вопрос возможности начала финансирования мероприятий в 2013 году.

6. Об итогах научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения»

(Царев В. М., Пашкова Т. В.)

Принять к сведению информацию о состоявшейся 14 ноября 2012 года в г. Москве 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 (МАДИ). Отметить, что в конференции приняли участие 88 специалистов от 38 организаций государств — участников СНГ. Заслушано 18 докладов по актуальным вопросам развития и использования космических и наземных радионавигационных систем. По результатам работы конференции принято решение.

Членам Совета использовать материалы конференции в практической работе.

7. О проведении очередного заседания Совета

(Царев В. М., Дюсенов С. Т.)

Принять предложение казахстанской стороны о проведении 40-го заседания Совета и заседания национальных государственных заказчиков МРП в первой декаде февраля 2013 года в г. Астане (Республика Казахстан).



УДК 621.391.2

НАВИГАЦИОННЫЕ ALTBOC-СИГНАЛЫ И ИХ СПЕКТРЫ

М. С. Ярлыков, К. К. Скогорев¹

Рассмотрены структуры двухкомпонентного, четырехкомпонентного и восьмикомпонентного AltBOC – сигналов (Alternative binary offset carrier modulated signals) для спутниковых радионавигационных систем (СРНС) нового поколения и, в частности, европейской СРНС Galileo и китайской СРНС Compass (BeiDou-2). Как известно, четырехкомпонентный полный AltBOC – сигнал имеет непостоянную во времени огибающую, тогда как огибающая восьмикомпонентного полного AltBOC – сигнала постоянна, что и обусловило его практическую пригодность в системах СРНС. Представлены аналитические выражения спектральных плотностей и энергетических спектров одиночных элементов и одиночных периодов модулирующих функций таких AltBOC – сигналов. Проанализированы спектральные характеристики для простейшего (двухкомпонентного) AltBOC – сигнала, полного AltBOC – сигнала с непостоянной огибающей (четырёхкомпонентного полного AltBOC – сигнала) и полного AltBOC – сигнала с постоянной огибающей (восьмикомпонентного полного AltBOC – сигнала) применительно к произвольному значению коэффициента кратности меандровых импульсов. Построены графики энергетических спектров одиночных элементов модулирующих функций всех групп AltBOC – сигналов в случаях следующих типов модуляции AltBOC (10,10), AltBOC (15,10), AltBOC (20,10) и AltBOC (25,10). Приведены примеры навигационной аппаратуры потребителей, способной принимать AltBOC – сигналы.

Ключевые слова: радионавигационные, сигнал, системы, спутниковые, СРНС, AltBOC, Compass, Galileo.M

NAVIGATION ALTBOC-SIGNALS AND THEIR SPECTRA

M. S. Yarlykov, K. K. Skogorev

The paper considers 2-component, 4-component and 8-component AltBOC – signals (Alternative binary offset carrier modulated signals) for the new generation of satellite navigation systems (SRNS), and in particular for the European Galileo SRNS and the China's Compass (BeiDou-2). As is known, a full 4-component AltBOC – signal possesses a time-inconstant envelope, however an 8-component AltBOC – signal demonstrates a constant envelope, and for this reason it is applicable in SRNS systems. Analytical expressions are given for spectra densities and power spectra of single-frequency elements and separate modulation function periods for these AltBOC – signals. Spectral characteristics are analyzed for a simplest (2-component) AltBOC – signal, a full AltBOC – signal with an inconstant envelope (4-component full AltBOC – signal) and a full AltBOC – signal with a constant envelope (8-component full AltBOC – signal) as applied to an arbitrary value of a meander pulse multiplication factor. Energy spectrum curves are given for separate elements of modulating functions for all the AltBOC – signal groups in the following modulation types: AltBOC (10,10), AltBOC (15,10), AltBOC (20,10) and AltBOC (25,10). Examples are given of user navigation equipment with AltBOC – signal receiving capability.

ВВЕДЕНИЕ

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС) нового поколения, в частности, европейская СРНС Galileo и китайская Compass (BeiDou-2) предусматривают применение AltBOC – сигналов (Alternative binary offset carrier modulated signals), позволяющих использовать одну несущую частоту для передачи двух мультиплексированных различных навигационных сообщений [1, 2]. Такие сигналы представляют собой важную и перспективную составную часть меандровых шумоподобных сигналов (ШПС), называемых в англоязычной литературе

BOC – сигналами (binary offset carrier modulated signals) [3, 4].

В направлении практического освоения AltBOC – сигналов первым шагом был вывод на околоземную орбиту 27 апреля 2008 г. спутника GIOVE – В СРНС Galileo [5]. Затем важными событиями применительно к внедрению в практику AltBOC – сигналов явились запуски с космодрома Куру во Французской Гвиане ракетой-носителем «Союз – СТ – Б» 21 октября 2011 г. двух спутников Galileo – IOV (PFM и FM2), а 12 октября 2012 г. 3-го и 4-го спутников Galileo – IOV (FM3 и FM4) [6].

¹ Михаил Семенович Ярлыков - заслуженный деятель науки и техники РФ, действительный член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова и Международной академии связи, профессор, доктор тех. наук, генерал-майор авиации.
Константин Константинович Скогорев – кандидат технич. наук

В настоящее время ряд компаний, разрабатывающих оборудование для СРНС, начал производить многосистемную и многоканальную аппаратуру потребителей (АП) различных типов, предназначенную для приема и обработки (наряду с другими навигационными сигналами) AltВОС – сигналов систем Galileo (диапазон частот E5) и Compass/BeiDou-2 (диапазон частот B1 и B2). Так, например, компания JavadGNSS (США) предлагает многосистемную и многоканальную АП типа TRIUMPH-VS способную принимать и обрабатывать помимо многих других навигационных сигналов и AltВОС – сигналы СРНС Galileo и Compass/BeiDou-2 [7]. АП TRIUMPH-VS предназначена для функционирования по сигналам систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass, QZSS и SBAS. Она содержит 216 каналов приема и имеет массу 1,7 кг. АП TRIUMPH-VS может размещаться на столах или крепиться на штативах и машинах. Компания Leica Geosystems AG (Швейцария) предлагает геодезический приемник типа Leica Viva GNSS GS15 массой 1,34 кг, имеющий 120 каналов приема и работающий по сигналам СРНС GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass и др. [8]. АП Leica Viva GNSS GS15 также способна принимать AltВОС – сигналы систем Galileo и Compass.

AltВОС – сигналы по числу компонент, образующих модулирующую функцию (МФ), подразделяются на двухкомпонентные (простейшие), четырёхкомпонентные полные (полные с непостоянной огибающей) и восьмикомпонентные полные (полные с постоянной огибающей) [4, 9, 10].

Как обычно, под полным AltВОС – сигналом, понимается такой, у которого к каждой сигнальной компоненте квадратурно добавляется пилот – сигнал [10, 11]. Для практического использования в СРНС предназначаются полные AltВОС – сигналы с постоянной огибающей. Так, например, в СРНС Galileo используются полные AltВОС – сигналы с постоянной огибающей, у которых применяется модуляция типа AltВОС (15,10) на несущей частоте $f_n=1191,795$ МГц частотного диапазона E5 [1]. Информационные сигналы при этом представляют собой синфазные компоненты (сигнал – E5a-I и сигнал – E5b-I), а пилот-сигналы – квадратурные компоненты (сигнал – E5a-Q и сигнал – E5b-Q) восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала. Каждая компонента содержит свою, отличную от других, псевдослучайную последовательность (ПСП) дальномерного кода [1]. Структура и свойства полных AltВОС – сигналов с постоянной огибающей в сравнении с другими типами AltВОС – сигналов обсуждаются в [10].

Свойства AltВОС – сигналов во многом определяются их спектральными характеристиками, под которыми прежде всего понимаются спектральные плотности (спектральные функции) и энергетические спектры (спектральные плотности мощности). В [12] получены аналитические выражения спектральных плотностей и энергетических спектров одиночных элементов МФ, т. е. МФ на длительности одиночного элемента (символа, чипа) ПСП дальномерного кода, для случаев

четырёхкомпонентного и восьмикомпонентного полных AltВОС – сигналов. Применительно к восьмикомпонентному полному AltВОС – сигналу в [12] формулы представлены только при нечётном значении коэффициента кратности меандровых импульсов.

Более значимыми характеристиками являются спектральные плотности и энергетические спектры для одиночных периодов МФ AltВОС – сигналов (т. е. на длительности периода ПСП дальномерного кода), что позволяет учесть и исследовать также спектры (в том числе и взаимные энергетические спектры) последовательностей кодовых коэффициентов, а не только спектры одиночных элементов МФ AltВОС – сигналов [11,13].

В иллюстрирующих примерах используются AltВОС – сигналы с частотой следования элементов ПСП $f_c=10,23$ МГц и типа AltВОС (15,10), применяемые в СРНС Galileo и Compass (BeiDou-2) [1, 2].

Для определённости рассуждений здесь и в дальнейшем под термином типа «элемент МФ AltВОС – сигнала» понимаем видеосигнал, представляющий собой МФ AltВОС – сигнала на длительности t_c одного элемента ПСП дальномерного кода. Заметим, что элементы МФ могут отличаться друг от друга в зависимости от комбинации значений кодовых коэффициентов различных ПСП на данном отрезке $[0, t_c]$ [10]. Термины типа «одиночный элемент МФ AltВОС – сигнала» и «одиночный период МФ AltВОС – сигнала» означают, что соответственно рассматриваются математические выражения, описывающие один элемент МФ AltВОС – сигнала и один период МФ AltВОС – сигнала.

При выводе аналитических соотношений для спектральных плотностей и энергетических спектров AltВОС – сигналов по сути дела пользуемся положениями [11, 13].

Обсуждаемые в работе ПСП имеют единичные амплитуды, поэтому полученные выражения характеризуют нормированные спектры. Далее там, где это не мешает ясности изложения, вместо фразы типа «МФ AltВОС – сигнала» условно используем для краткости выражение «AltВОС – сигнал».

1. Спектральные характеристики двухкомпонентного AltВОС – сигнала

1.1. Модулирующая функция двухкомпонентного AltВОС – сигнала

Структура излучаемых спутниковым передатчиком AltВОС – сигналов рассматривается в [1, 10]. Вещественный (реально излучаемый передатчиком) полный AltВОС – сигнал, например, СРНС Galileo имеет вид

$$s(t) = \text{Re}\{A_r d_{Alt-P}(t) \exp[i(\omega_n t + \varphi_0)]\}, \quad (1)$$

где $A_r = \sqrt{2P_{cp}}$ – амплитуда радиосигнала, P_{cp} – средняя мощность излучаемого радиосигнала, $d_{Alt-P}(t)$ – МФ полного AltВОС – сигнала, $\omega_n = 2\pi f_n$ – круговая несущая частота радиосигнала, f_n – несущая частота AltВОС – сигнала, φ_0 – фаза радиосигнала. Видно,

что специфика AltВОС – сигналов полностью определяется МФ. МФ простейшего (двухкомпонентного) AltВОС – сигнала характеризуется формулой [3, 9,14]:

$$d_{Alt-2}(t) = g_L(t) r_k^*(t) + g_U(t) r_k(t), \quad (2)$$

$$\text{где } r_k(t) = r_{\cos}(t) + i r_{\sin}(t) - \quad (3)$$

комплексное меандровое поднесущее колебание (МПК);

$$r_k^*(t) = r_{\cos}(t) - i r_{\sin}(t) - \quad (4)$$

комплексно-сопряжённое МПК;

$$r_{\cos}(t) = \text{sign} [\cos \omega_M t] - \quad (5)$$

косинусное МПК;

$$r_{\sin}(t) = \text{sign} [\sin \omega_M t] - \quad (6)$$

синусное МПК.

Входящие в (2) функции $g_L(t)$ и $g_U(t)$ представляют собой ПСП дальномерного кода, сформированные различными двоичными последовательностями прямоугольных элементов со знаком «+» или «-»

Такие ПСП в отличие от меандровых для определённости называем прямоугольными ПСП (ППСП). Далее, как обычно, полагаем, что ППСП $g_L(t)$ и $g_U(t)$ являются стационарными и статистически взаимно независимыми.

Образующая выражения (5) и (6) функция «сигнум» z равна:

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

Индекс * в (2) и далее означает, что рассматривается соответствующая комплексно-сопряжённая функция.

При таком принципе формирования МФ $d_{Alt-2}(t)$ верхний и нижний «лепестки» энергетического спектра AltВОС – сигнала содержат различную информацию: верхний «лепесток» спектра обусловлен ППСП $g_U(t)$ (от слова «upper» – верхний), нижний – ППСП $g_L(t)$ (от слова «lower» – нижний) [15]. Выражения ППСП дальномерного кода $g_L(t)$ и $g_U(t)$, описывающие один период, записываются в виде [15, 16, 18]:

$$g_L(t) = \sum_{l=0}^{L-1} v_l \text{rect}_{\tau_C} [t - l\tau_C], \quad (7)$$

$$g_U(t) = \sum_{l=0}^{L-1} \chi_l \text{rect}_{\tau_C} [t - l\tau_C], \quad (8)$$

где τ_C – длительность элемента (символа, чипа) ППСП; L – число элементов на периоде ППСП; $l = 0, 1, 2, \dots, (L - 1)$ – номер элемента. Функция $\text{rect}_{\tau_C} [\cdot]$ представляет собой импульс единичной амплитуды и длительностью τ_C :

$$\text{rect}_{\tau_C} [t - l\tau_C] = \begin{cases} 1 & \text{при } l\tau_C \leq t < (l+1)\tau_C; \\ 0 & \text{при } l\tau_C > t \geq (l+1)\tau_C. \end{cases} \quad (9)$$

При записи (7) и (8) учтено, что начальное условие $t_0=0$. Кодовые коэффициенты v_l и χ_l , образующие ППСП (7) и (8), принимают на каждом элементе длительностью τ_C значения +1 или -1 согласно закону чередования элементов на периодах. Длительность периодов ППСП $g_L(t)$ и $g_U(t)$ выбрана одинаковой и равной $T_L=L\tau_C$.

Таким образом, МФ $d_{Alt-2}(t)$ простейшего AltВОС – сигнала определяется как сумма комплексной меандровой ПСП (МПСП) $g_U(t)r_k(t)$ и комплексно-сопряжённой МПСП $g_L(t)r_k^*(t)$, у которых ППСП $g_L(t)$ и $g_U(t)$ различны, стационарны и статистически взаимно независимы.

1.2. Спектральная плотность модулирующей функции двухкомпонентного AltВОС – сигнала

Спектральная плотность $G_{Alt-2}(\omega)$ МФ $d_{Alt-2}(t)$ двухкомпонентного AltВОС – сигнала представляет собой преобразование Фурье от этой МФ

$$G_{Alt-2}(\omega) = \text{FT}\{d_{Alt-2}(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} d_{Alt-2}(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt, \quad (10)$$

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

Согласно (2) с учётом свойства линейности $G_{Alt-2}(\omega)$ находим

$$G_{Alt-2}(\omega) = G_L(\omega) + G_U(\omega), \quad (11)$$

$$\text{где } G_L(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} g_L(t) r_k^*(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt,$$

$$G_U(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} g_U(t) r_k(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt. \quad (12)$$

При записи (10) и далее учтено, что начальное условие $t_0=0$.

Выражая $G_L(\omega)$ и $G_U(\omega)$ в виде произведений спектральных плотностей одиночных комплексного или комплексно-сопряжённого меандровых символов (МС) и спектров последовательностей кодовых коэффициентов v_l и χ_l , получим [15, 19]:

$$G_L(\omega) = F_{k_c}(\omega) H_L(\omega), \quad (13)$$

$$G_U(\omega) = F_k(\omega) H_U(\omega), \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \text{где } F_{k_c}(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} \mu_k^*(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt = \\ &= F_{\cos}(\omega) - i F_{\sin}(\omega) \end{aligned} \quad (15)$$

спектральная плотность одиночного комплексно-сопряжённого МС $\mu_k^*(t)$;

$$\begin{aligned} F_k(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} \mu_k(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt = \\ &= F_{\cos}(\omega) + i F_{\sin}(\omega) \end{aligned} \quad (16)$$

спектральная плотность одиночного комплексного МС $\mu_k(t)$;

Спектры $H_L(\omega)$ и $H_U(\omega)$ представляют собой преобразования Фурье от решетчатых функций кодовых коэффициентов $\{v_l\}$ и $\{\chi_l\}$, входящих в (7) и (8) [19]:

$$H_L(\omega) = \begin{cases} \sum_{l=0}^{L-1} v_l \exp\{-i\omega l \tau_C\} & \text{при } N_M - \text{чётном;} \\ \sum_{l=0}^{L-1} (-1)^l v_l \exp\{-i\omega l \tau_C\} & \text{при } N_M - \text{нечётном;} \end{cases} \quad (17)$$

$$H_U(\omega) = \begin{cases} \sum_{l=0}^{L-1} \chi_l \exp\{-i\omega l \tau_C\} & \text{при } N_M - \text{чётном;} \\ \sum_{l=0}^{L-1} (-1)^l \chi_l \exp\{-i\omega l \tau_C\} & \text{при } N_M - \text{нечётном.} \end{cases} \quad (18)$$

При вычислении спектров AltВОС – сигналов относительно решетчатых функций кодовых коэффициентов $\{v_l\}$ и $\{\chi_l\}$ полагаем, что они являются действительными стационарными и статистически взаимно независимыми случайными процессами [13].

Отметим, что зависимость (17) и (18) от коэффициента кратности меандровых импульсов N_M обусловлена соотношением [15, 19]

$$N_M = \frac{\tau_C}{\tau_M} = \frac{2f_M}{f_C}, \quad (19)$$

где $f_C = \frac{1}{\tau_C}$ – частота следования элементов ППСП.

На основании (2) с учётом (7) и (8) произвольный l -й элемент МФ простейшего AltВОС – сигнала имеет вид

$$d_{\tau_C - Alt_{l-2}}(t) = v_l \mu_k^*(t) + \chi_l \mu_k(t). \quad (20)$$

Согласно (10) спектральная плотность $G_{\tau_C - Alt_{l-2}}(\omega)$ одиночного элемента $d_{\tau_C - Alt_{l-2}}(t)$ МФ простейшего AltВОС – сигнала с учётом (11), (15) и (16) определяется формулой:

$$G_{\tau_C - Alt_{l-2}}(\omega) = v_l F_{kc}(\omega) + \chi_l F_k(\omega), \quad (21)$$

где $\{v_l\}$ и $\{\chi_l\}$ – взаимно независимые случайные величины, принимающие на каждом элементе ППСП значение $+1$ или -1 .

Согласно (15) и (16) выражения для спектральных плотностей $F_k(\omega)$ и $F_{kc}(\omega)$ одиночных комплексного МС $\mu_k(t)$ и комплексно-сопряжённого МС $\mu_k^*(t)$ получены в [15] и имеют вид:

$$F_k(\omega) = \begin{cases} -\frac{2}{\omega} \cdot \exp\{-0.5 i N_M \omega \tau_M\} \cdot \frac{\sin(0.5 N_M \omega \tau_M)}{\cos(0.5 \omega \tau_M)} \cdot [1 - \cos(0.5 \omega \tau_M) + \sin(0.5 \omega \tau_M)], & \text{если } N_M - \text{чётное;} \\ i \frac{2}{\omega} \cdot \exp\{-0.5 i N_M \omega \tau_M\} \cdot \frac{\cos(0.5 N_M \omega \tau_M)}{\cos(0.5 \omega \tau_M)} \cdot [1 - \cos(0.5 \omega \tau_M) + \sin(0.5 \omega \tau_M)], & \text{если } N_M - \text{нечётное;} \end{cases} \quad (22)$$

$$F_{kc}(\omega) = \begin{cases} -\frac{2}{\omega} \cdot \exp\{-0.5 i N_M \omega \tau_M\} \cdot \frac{\sin(0.5 N_M \omega \tau_M)}{\cos(0.5 \omega \tau_M)} \cdot [1 - \cos(0.5 \omega \tau_M) - \sin(0.5 \omega \tau_M)], & \text{если } N_M - \text{чётное;} \\ i \frac{2}{\omega} \cdot \exp\{-0.5 i N_M \omega \tau_M\} \cdot \frac{\cos(0.5 N_M \omega \tau_M)}{\cos(0.5 \omega \tau_M)} \cdot [1 - \cos(0.5 \omega \tau_M) - \sin(0.5 \omega \tau_M)], & \text{если } N_M - \text{нечётное;} \end{cases} \quad (23)$$

Формулы (22, 23) являются общими. Они позволяют вычислять спектральные плотности $G_{\tau_C - Alt_{l-2}}(\omega)$ (21) и $G_{Alt_{l-2}}(\omega)$ (11) при различных значениях коэффициента кратности меандровых импульсов N_M ($N_M = 2, 3, 4, \dots$).

1.3. Энергетический спектр модулирующей функции двухкомпонентного AltВОС – сигнала

Энергетический спектр $S_{Alt_{l-2}}(\omega)$ МФ $d_{Alt_{l-2}}(t)$ двухкомпонентного AltВОС – сигнала представляет собой преобразование Фурье от соответствующей корреляционной функции. Кроме того, на основании известной спектральной плотности $G_{Alt_{l-2}}(\omega)$ (10) энергетический спектр $S_{Alt_{l-2}}(\omega)$ одиночного периода МФ $d_{Alt_{l-2}}(t)$ может быть также вычислен в соответствии с формулой [11, 13]

$$S_{Alt_{l-2}}(\omega) = \frac{1}{T_L} \cdot |G_{Alt_{l-2}}(\omega)|^2 = \frac{1}{L} S_{kc}(\omega) |H_L(\omega)|^2 + \frac{1}{L} S_k(\omega) |H_U(\omega)|^2, \quad (24)$$

где T_L – длительность периода ППСП.

На основании (24) с учётом (11) находим

$$S_{Alt_{l-2}}(\omega) = \frac{1}{T_L} \left\{ [G_L(\omega) + G_U(\omega)] \cdot [G_L^*(\omega) + G_U^*(\omega)] \right\} = S_L(\omega) + S_U(\omega) + S_{LU}(\omega) + S_{LU}^*(\omega), \quad (25)$$

где $S_L(\omega) = \frac{1}{T_L} [G_L(\omega) G_L^*(\omega)]$ – энергетический спектр компоненты $g_L(t)$ $r_k^*(t)$ МФ $d_{Alt_{l-2}}(t)$;

$S_U(\omega) = \frac{1}{T_L} [G_U(\omega) G_U^*(\omega)]$ – энергетический спектр компоненты $g_U(t)$ $r_k(t)$ МФ $d_{Alt_{l-2}}(t)$;

$S_{LU}(\omega) = \frac{1}{T_L} [G_L(\omega) G_U^*(\omega)]$ – взаимный энергетический спектр (ВЭС) компонент МФ $d_{Alt_{l-2}}(t)$;

$S_{LU}^*(\omega) = \frac{1}{T_L} [G_L^*(\omega) \cdot G_U(\omega)]$ – комплексно-сопряжённый ВЭС компонент МФ $d_{Alt_{l-2}}(t)$.

Согласно (13) и (14), учитывая (17) и (18), для (25) получим:

$$S_L(\omega) = \frac{1}{L} S_{\kappa_c}(\omega) |H_L(\omega)|^2; \quad (26)$$

$$S_U(\omega) = \frac{1}{L} S_{\kappa}(\omega) |H_U(\omega)|^2; \quad (27)$$

$$S_{LU}(\omega) = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\tau_c} [F_{\kappa_c}(\omega) \cdot F_{\kappa}^*(\omega)] \cdot [H_L(\omega) \cdot H_U^*(\omega)]; \quad (28)$$

$$S_{LU}^*(\omega) = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\tau_c} [F_{\kappa}(\omega) \cdot F_{\kappa_c}^*(\omega)] \cdot [H_U(\omega) \cdot H_L^*(\omega)], \quad (29)$$

$$\text{где } S_{\kappa_c}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{\tau_c} \cdot [F_{\kappa_c}(\omega) F_{\kappa_c}^*(\omega)] - \quad (30)$$

энергетический спектр одиночного комплексно-сопряжённого МС $\mu_{\kappa}^*(t)$ [15];

$$S_{\kappa}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{\tau_c} \cdot [F_{\kappa}(\omega) F_{\kappa}^*(\omega)] - \quad (31)$$

энергетический спектр одиночного комплексного МС $\mu_{\kappa}(t)$ [15];

$|H_L(\omega)|$ и $|H_U(\omega)|$ – амплитудные спектры последовательности кодовых коэффициентов $\{v_i\}$ и $\{\chi_i\}$ соответственно;

$H_L(\omega) \cdot H_U^*(\omega)$ – ВЭС решетчатых функций $\{v_i\}$ и $\{\chi_i\}$;

$H_U(\omega) \cdot H_L^*(\omega)$ – ВЭС решетчатых функций $\{\chi_i\}$ и $\{v_i\}$ [26–27].

Как отмечали, $\{v_i\}$ и $\{\chi_i\}$ представляют собой стационарные и статистически взаимно независимые случайные процессы, поэтому их ВЭС (и соответственно взаимно корреляционные функции) равны нулю [20,25], тогда имеем:

$$H_L(\omega) \cdot H_U^*(\omega) = H_U(\omega) \cdot H_L^*(\omega) = 0. \quad (32)$$

$$\text{Следовательно, } S_L(\omega) = S_U^*(\omega) = 0. \quad (33)$$

С учётом (33) выражение (25) для энергетического спектра $S_{Alt-2}(\omega)$ одиночного периода МФ $d_{Alt-2}(t)$ простейшего AltВОС – сигнала принимает вид

$$S_{Alt-2}(\omega) = S_L(\omega) + S_U(\omega), \quad (34)$$

где энергетические спектры $S_L(\omega)$ и $S_U(\omega)$ соответственно компонент $g_L(t)r_{\kappa}^*(t)$ и $g_U(t)r_{\kappa}(t)$ МФ $d_{Alt-2}(t)$ определяются согласно (26) и (27).

Подставив (26) и (27) в (34), находим:

$$S_{Alt-2}(\omega) = \frac{1}{L} S_{\kappa_c}(\omega) |H_L(\omega)|^2 + \frac{1}{L} S_{\kappa}(\omega) |H_U(\omega)|^2. \quad (35)$$

Энергетические спектры $S_{\kappa}(\omega)$ $S_{\kappa_c}(\omega)$ одиночных комплексного и комплексно-сопряжённого МС $\mu_{\kappa}(t)$ и $\mu_{\kappa}^*(t)$, необходимые при вычислении $S_{Alt-2}(\omega)$ согласно (35), на основании (31) и (32) с учётом (22) и (23) имеют вид [15]:

$$S_{\kappa}(f) = \begin{cases} \frac{1}{f_c} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right) + \sin\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)\right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)}, & \text{если } N_M - \text{четное } (N_M = 2, 4, \dots); \\ \frac{1}{f_c} \cdot \frac{\cos^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right) + \sin\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)\right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)}, & \text{если } N_M - \text{нечетное } (N_M = 3, 5, \dots); \end{cases} \quad (36)$$

$$S_{\kappa_c}(f) = \begin{cases} \frac{1}{f_c} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right) - \sin\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)\right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)}, & \text{если } N_M - \text{четное } (N_M = 2, 4, \dots); \\ \frac{1}{f_c} \cdot \frac{\cos^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right) - \sin\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)\right]^2}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)}, & \text{если } N_M - \text{нечетное } (N_M = 3, 5, \dots); \end{cases} \quad (37)$$

где учтено, что $f_c = \frac{1}{\tau_c}$, $f_m = \frac{1}{2\tau_m}$, $N_m = \frac{2f_m}{f_c}$, $\tau_c = N_m \tau_m$ и $\omega_m = 2\pi f_m$.

Формула (35) дает возможность рассчитывать и исследовать $S_{Alt-2}(\omega)$ при любых значениях коэффициента кратности меандровых импульсов N_m ($N_m = 2, 3, 4, \dots$) и для различных типов ППСП $g_L(t)$ и $g_U(t)$ дальномерного кода [11,13].

Далее в соответствии с (21) и (35) рассмотрим энергетический спектр $S_{\tau_c-Alt-2}(\omega)$ одиночного элемента $d_{\tau_c-Alt-2}(t)$ МФ простейшего AltВОС – сигнала. Так как для любого l -го элемента ППСП $g_L(t)$ и $g_U(t)$ имеем, что $v_l^2 = \chi_l^2 = 1$, то на основании (26), (27) и (35) $S_{\tau_c-Alt-2}(\omega)$ равен [11]:

$$S_{\tau_c-Alt-2}(\omega) = S_{\kappa}(\omega) + S_{\kappa_c}(\omega), \quad (38)$$

где $S_{\kappa}(\omega)$ $S_{\kappa_c}(\omega)$ определяются согласно (36) и (37).

Тогда энергетический спектр $S_{\tau_c-Alt-2}(\omega)$ одиночного элемента $d_{\tau_c-Alt-2}(t)$ МФ простейшего AltВОС – сигнала с учётом (36) и (37) имеет вид [11,13]:

$$S_{\tau_c-Alt-2}(f) = \frac{4}{f_c} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)\right]}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right)}, \quad (39)$$

если $N_m - \text{четное } (N_m = 2, 4, \dots);$

$$S_{\tau_C - Alt_{t-2}}(f) = \frac{4}{f_C} \cdot \frac{\cos^2\left(\frac{\pi f}{f_C}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_M f_C}\right)\right]}{\left(\frac{\pi f}{f_C}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_M f_C}\right)}, \quad (39)$$

если N_M – нечетное ($N_M = 3, 5, \dots$).

2. Спектральные характеристики четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала

2.1. Модулирующая функция четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала

МФ $d_{Alt_{t-П4}}(t)$ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала характеризуется следующим соотношением [9, 10, 12]:

$$d_{Alt_{t-П4}}(t) = \left[g_{L-I}(t) \cdot \mathcal{G}_L(t) + i g_{L-Q}(t) \right] r_k^* + \left[g_{U-I}(t) \cdot \mathcal{G}_U(t) + i g_{U-Q}(t) \right] r_k(t), \quad (40)$$

где $r_k(t)$ и $r_k^*(t)$ – комплексное и комплексно-сопряжённое МПК, определяемые (3) и (4);

$$\begin{aligned} g_{L-I}(t) &= \sum_{l=0}^{L-1} v_l \text{rect}_{\tau_C} [t - l\tau_C], \\ g_{U-I}(t) &= \sum_{l=0}^{L-1} \chi_l \text{rect}_{\tau_C} [t - l\tau_C], \\ g_{L-Q}(t) &= \sum_{l=0}^{L-1} v'_l \text{rect}_{\tau_C} [t - l\tau_C], \\ g_{U-Q}(t) &= \sum_{l=0}^{L-1} \chi'_l \text{rect}_{\tau_C} [t - l\tau_C] \end{aligned} \quad (41)$$

ППСП дальнего кода (см. (7) и (8)).

Индекс I в (40) и далее означает, что рассматривается компонента МФ, которая характеризует информационный сигнал и представляет собой в (40) синфазное (in-phase) слагаемое. Соответственно индекс «Q» в (40) и далее определяет компоненту МФ, относящуюся к пилот – сигналу и являющуюся в (40) квадратурным (quadrature) слагаемым [9, 11].

2.2. Спектральная плотность МФ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала

Как и в случае двухкомпонентного AltВОС – сигнала, спектральная плотность $G_{Alt_{t-П4}}(\omega)$ МФ $d_{Alt_{t-П4}}(t)$ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала определяется в виде:

$$\begin{aligned} G_{Alt_{t-П4}}(\omega) &\stackrel{\Delta}{=} \text{FT} \{ d_{Alt_{t-П4}}(t) \} = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} d_{Alt_{t-П4}}(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt, \\ t_0 &= 0. \end{aligned} \quad (42)$$

С учётом свойства линейности $G_{Alt_{t-П4}}(\omega)$ согласно (40) и (42) запишем:

$$G_{Alt_{t-П4}}(\omega) = G_{L-I}(\omega) + i G_{L-Q}(\omega) + G_{U-I}(\omega) + i G_{U-Q}(\omega), \quad (43)$$

Представив спектральные плотности каждой компоненты в виде произведений спектральных плотностей одиночных комплексного или комплексно-сопряжённого МС и спектров последовательностей кодовых коэффициентов v_l, v'_l, χ_l и χ'_l , получим [19]:

$$\begin{aligned} G_{L-I}(\omega) &= F_{kc}(\omega) H_{L-I}(\omega), \\ G_{L-Q}(\omega) &= F_{kc}(\omega) H_{L-Q}(\omega), \\ G_{U-I}(\omega) &= F_k(\omega) H_{U-I}(\omega), \\ G_{U-Q}(\omega) &= F_k(\omega) H_{U-Q}(\omega), \end{aligned} \quad (44)$$

где спектральные плотности $F_{kc}(\omega)$ и $F_k(\omega)$ одиночных комплексно-сопряжённого МС $\mu_k^*(t)$ и комплексного МС $\mu_k(t)$ рассчитываются согласно (23) и (22).

Спектры $H_{L-I}(\omega), H_{L-Q}(\omega), H_{U-I}(\omega)$ и $H_{U-Q}(\omega)$ представляющие собой преобразования Фурье от решетчатых функций кодовых коэффициентов $\{v_l\}, \{v'_l\}, \{\chi_l\}$ и $\{\chi'_l\}$, характеризуются выражениями, аналогичными (17–18). Одиночный элемент $d_{\tau_C - Alt_{t-П4}}(t)$ МФ (40) полного AltВОС – сигнала с непостоянной огибающей на основании (41) имеет вид:

$$d_{\tau_C - Alt_{t-П4}}(t) = (v_l + i v'_l) \mu_k^*(t) + (\chi_l + i \chi'_l) \mu_k(t). \quad (45)$$

Тогда спектральная плотность $G_{\tau_C - Alt_{t-П4}}(\omega)$ одиночного элемента $d_{\tau_C - Alt_{t-П4}}(t)$ МФ (45) полного AltВОС – сигнала с непостоянной огибающей с учётом (15), (16) и (42) определяется формулой [11]:

$$G_{\tau_C - Alt_{t-П4}}(\omega) = (v_l + i v'_l) F_{kc}(\omega) + (\chi_l + i \chi'_l) F_k(\omega), \quad (46)$$

где спектральные плотности $F_k(\omega)$ и $F_{kc}(\omega)$ вычисляются на основании (22) и (23), а v_l, v'_l, χ_l и χ'_l – взаимно независимые случайные величины, принимающие на каждом элементе соответствующей ППСЗ значение + 1 или – 1.

2.3. Энергетический спектр модулирующей функции четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала

Методика получения аналитических выражений для энергетического спектра $S_{Alt_{t-П4}}(\omega)$ МФ $d_{Alt_{t-П4}}(t)$ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала аналогична методике, используемой при выводе формул для энергетического спектра $S_{Alt_{t-2}}(\omega)$.

Энергетический спектр $S_{Alt_{t-П4}}(\omega)$ одиночного периода МФ $d_{Alt_{t-П4}}(t)$ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала (на длительности T_L периода ППСЗ) вычисляется по формуле [20, 21]:

$$S_{Alt_{t-П4}}(\omega) = \frac{1}{T_L} [G_{Alt_{t-П4}}(\omega) G_{Alt_{t-П4}}^*(\omega)], \quad (47)$$

где $G_{Alt_{t-П4}}(\omega)$ определяется в соответствии с (43).

Энергетический спектр $S_{Alt_{t-П4}}(\omega)$ одиночного периода МФ $d_{Alt_{t-П4}}(t)$ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала характеризуется следующим соотношением [11]:

$$\begin{aligned} S_{Alt_{t-П4}}(\omega) &= \frac{1}{L} \left\{ S_{kc}(\omega) \left[|H_{L-I}(\omega)|^2 + |H_{L-Q}(\omega)|^2 \right] + \right. \\ &\quad \left. + S_k(\omega) \left[|H_{U-I}(\omega)|^2 + |H_{U-Q}(\omega)|^2 \right] \right\} \end{aligned} \quad (48)$$

где $S_k(\omega)$ и $S_{kc}(\omega)$ рассчитываются на основании (36) и (37).

Далее рассмотрим энергетический спектр $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(\omega)$ одиночного элемента $d_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(t)$ МФ (на длительности τ_c одиночного элемента ППСП) четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала.

В соответствии с (36) и (37) выражение для энергетического спектра $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(f)$ одиночного элемента $d_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(t)$ МФ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала окончательно принимает вид [11, 13]:

$$S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(f) = \begin{cases} \frac{8}{f_c} \frac{\sin^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right)\right]}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right)}, & \text{если } N_m - \text{четное } (N_m = 2, 4, \dots); \\ \frac{8}{f_c} \frac{\cos^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right)\right]}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right)}, & \text{если } N_m - \text{нечетное } (N_m = 3, 5, \dots), \end{cases} \quad (49)$$

где учтено, что $f_c = \frac{1}{\tau_c}$, $f_m = \frac{1}{2\tau_m}$, $N_m = \frac{2f_m}{f_c}$, $\tau_c = N_m \tau_m$ и $\omega_m = 2\pi f_m$.

На рисунках 1–4 представлены графики энергетических спектров $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(f)$, изображённые сплошными кривыми, и $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} 2}(f)$, выполненные штриховыми линиями. Графики рассчитаны с помощью пакета программ Mathcad согласно (39) для $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} 2}(f)$ и (49) для $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(f)$ применительно к различным значениям коэффициента кратности: $N_m=2$ (рис. 1), $N_m=3$ (рис. 2), $N_m=4$ (рис. 3) и $N_m=5$ (рис. 4). Графики выполнены в логарифмическом масштабе, когда по оси ординат отложены значения $S_{\text{дб}}(f) = 10 \cdot \log S(f)$.

При расчёте графиков на рис. 1–4 были приняты значения опорной частоты $f_{on} = 1,023$ МГц и частоты следования элементов ППСП $f_c = 10 f_{on} = 10,23$ МГц, что характерно, в частности, для системы Galileo в случае формирования AltВОС – сигналов с модуляцией типа AltВОС (15,10) в диапазоне E5 на несущей частоте $f_n = 1191,795$ МГц.

Таким образом, представленные на рис. 1–4 графики энергетических спектров $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} \text{П4}}(f)$ и $S_{\tau_c - \text{Alt} \text{--} 2}(f)$ соответственно характеризуют AltВОС – сигналы с модуляцией типов AltВОС (10,10), AltВОС (15,10), AltВОС (20,10) и AltВОС (25,10). Все энергетические спектры являются нормированными (амплитуды ППСП приняты, равными 1).

3. Спектральные характеристики восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала

3.1. Модулирующая функция восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала

Как отмечали, для практического использования в СРНС, в частности, Galileo предназначаются полные

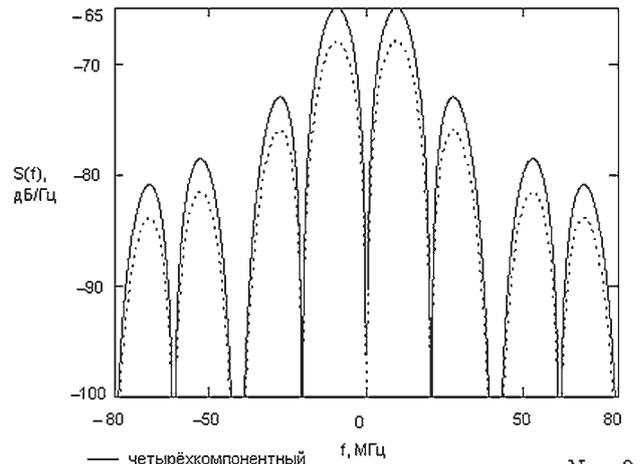


Рис. 1 — четырёхкомпонентный $N_m = 2$
----- двухкомпонентный

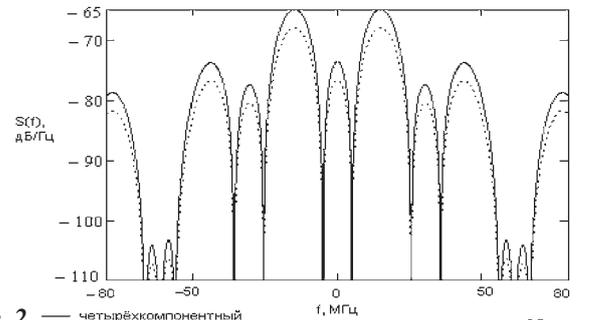


Рис. 2 — четырёхкомпонентный $N_m = 3$
----- двухкомпонентный

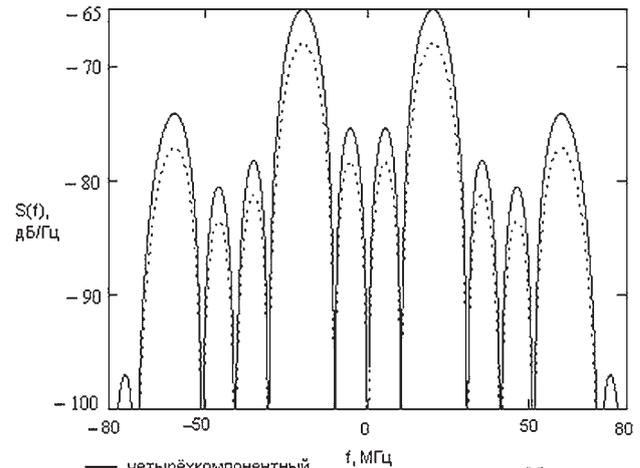


Рис. 3 — четырёхкомпонентный $N_m = 4$
----- двухкомпонентный

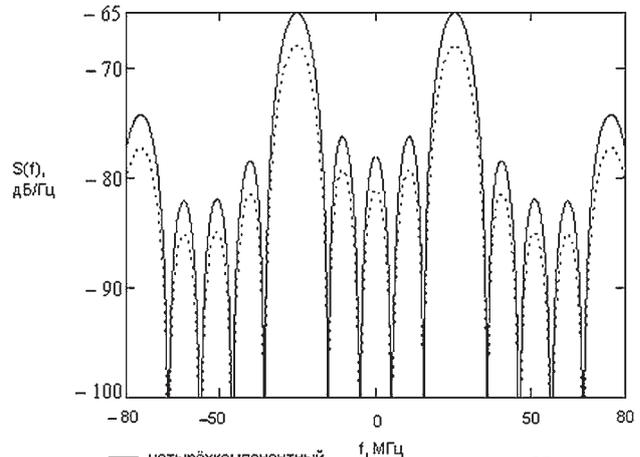


Рис. 4 — четырёхкомпонентный $N_m = 5$
----- двухкомпонентный

AltВОС – сигналы с постоянной огибающей (восьми-компонентные полные AltВОС – сигналы). МФ полного восьмикомпонентного AltВОС – сигнала имеет вид [1, 9, 10, 12, 27]

$$d_{Alt-П8}(t) = \left[g_{L-I}(t) \cdot \mathcal{G}_L(t) + i g_{L-Q}(t) \right] r_{c-k-c}^*(t) + \left[g_{U-I}(t) \cdot \mathcal{G}_U(t) + i g_{U-Q}(t) \right] r_{c-k-c}(t) + \left[p_{L-I}(t) + i p_{L-Q}(t) \right] r_{c-k-k}^*(t) + \left[p_{U-I}(t) + i p_{U-Q}(t) \right] r_{c-k-k}(t), \quad (50)$$

где $r_{c-k-c}(t)$ – составное комплексное МПК сигнальных компонент полного AltВОС – сигнала с постоянной огибающей;

$r_{c-k-k}(t)$ – составное комплексное МПК комбинационных компонент полного AltВОС – сигнала с постоянной огибающей;

$g_{L-I}(t), g_{L-Q}(t), g_{U-I}(t)$ и $g_{U-Q}(t)$ – ППСП сигнальных компонент, задаваемых (41);

$\mathcal{G}_L(t)$ и $\mathcal{G}_U(t)$ – двоичные последовательности посылок СИ– кода;

$p_{L-I}(t), p_{L-Q}(t), p_{U-I}(t)$ и $p_{U-Q}(t)$ – сформированные ППСП комбинационных компонент, которые предназначены для устранения нежелательной амплитудной модуляции AltВОС – сигнала [10, 27].

Составные комплексные и комплексно-сопряжённые МПК сигнальных и комбинационных компонент МФ $d_{Alt-П8}(t)$ в (50) имеют вид [9, 10, 12]:

$$\begin{aligned} r_{c-k-c}(t) &= r_{c-cos-c}(t) + i r_{c-cos-c}(t-0.25T_M), \\ r_{c-k-c}^*(t) &= r_{c-cos-c}(t) - i r_{c-cos-c}(t-0.25T_M), \\ r_{c-k-k}(t) &= r_{c-cos-k}(t) + i r_{c-cos-k}(t-0.25T_M), \\ r_{c-k-k}^*(t) &= r_{c-cos-k}(t) - i r_{c-cos-k}(t-0.25T_M), \end{aligned} \quad (51)$$

у которых составные косинусные МПК $r_{c-cos-c}(t)$ и $r_{c-cos-k}(t)$ равны:

$$\begin{aligned} r_{c-cos-c}(t) &= \frac{\sqrt{2}}{4} r_{\cos}(t-0.125T_M) + \frac{1}{2} r_{\cos}(t) + \frac{\sqrt{2}}{4} r_{\cos}(t+0.125T_M); \end{aligned} \quad (52)$$

$$\begin{aligned} r_{c-cos-k}(t) &= \frac{\sqrt{2}}{4} r_{\cos}(t-0.125T_M) + \frac{1}{2} r_{\cos}(t) - \frac{\sqrt{2}}{4} r_{\cos}(t+0.125T_M); \end{aligned} \quad (53)$$

где $r_{\cos}(t)$ определяется согласно (5).

Выполнив преобразования (52) и (53) получим [10, 11, 13, 27]:

$$r_{c-cos-c}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} A |i|_8 \cdot \text{rect}_{0.125 \cdot T_M} [t - i \cdot 0.125 \cdot T_M], \quad (54)$$

$$r_{c-cos-k}(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} B |i|_8 \cdot \text{rect}_{0.125 \cdot T_M} [t - i \cdot 0.125 \cdot T_M], \quad (55)$$

где символ $|i|_8$ означает индекс «i» по модулю 8.

Таким образом, МФ $d_{Alt-П8}(t)$ восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала по существу во многом

подобна МФ $d_{Alt-П4}(t)$ четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала с непостоянной огибающей, но имеет более сложную структуру за счёт использования составных комплексных (и соответственно составных комплексно-сопряжённых) МПК вместо традиционных, а также более громоздка из-за добавления в состав МФ $d_{Alt-П8}(t)$ четырёх комбинационных компонент.

3.2. Спектральная плотность модулирующей функции восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала

Спектральная плотность $G_{Alt-П8}(\omega)$ МФ $d_{Alt-П8}(t)$ восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала определяется соотношением

$$\begin{aligned} G_{Alt-П8}(\omega) &\stackrel{\Delta}{=} \text{FT} \{ d_{Alt-П8}(t) \} = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} d_{Alt-П8}(t) \cdot \exp\{-i\omega t\} dt, \quad t_0 = 0. \end{aligned} \quad (56)$$

Одиночный элемент $d_{\tau_C-Alt-П8}(t)$ МФ полного AltВОС – сигнала с постоянной огибающей согласно (41) и (51) имеет вид [11,13]

$$\begin{aligned} d_{\tau_C-Alt-П8}(t) &= \\ &= (v_l + i v'_l) [r_{\tau_C-c-cos-c}(t) - i r_{\tau_C-c-cos-c}(t-0.25T_M)] + \\ &+ (\chi_l + i \chi'_l) [r_{\tau_C-c-cos-c}(t) + i r_{\tau_C-c-cos-c}(t-0.25T_M)] + \\ &+ (\overline{v_l} + i \overline{v'_l}) [r_{\tau_C-c-cos-k}(t) - i r_{\tau_C-c-cos-k}(t-0.25T_M)] + \\ &+ (\overline{\chi_l} + i \overline{\chi'_l}) [r_{\tau_C-c-cos-k}(t) + i r_{\tau_C-c-cos-k}(t-0.25T_M)]. \end{aligned} \quad (57)$$

В таком случае спектральная плотность $G_{\tau_C-Alt-П8}(\omega)$ одиночного элемента $d_{\tau_C-Alt-П8}(t)$ МФ полного AltВОС – сигнала с постоянной огибающей в соответствии с (56) имеет вид

$$\begin{aligned} G_{\tau_C-Alt-П8}(\omega) &= \\ &= (v_l + i v'_l) [F_{\tau_C-c}(\omega) - i F_{\tau_C-c-3}(\omega)] + \\ &+ (\chi_l + i \chi'_l) [F_{\tau_C-c}(\omega) + i F_{\tau_C-c-3}(\omega)] + \\ &+ (\overline{v_l} + i \overline{v'_l}) [F_{\tau_C-k}(\omega) - i F_{\tau_C-k-3}(\omega)] + \\ &+ (\overline{\chi_l} + i \overline{\chi'_l}) [F_{\tau_C-k}(\omega) + i F_{\tau_C-k-3}(\omega)], \end{aligned} \quad (58)$$

где $F_{\tau_C-c}(\omega), F_{\tau_C-k}(\omega), F_{\tau_C-c-3}(\omega)$ и $F_{\tau_C-k-3}(\omega)$ – спектральные плотности составных косинусных МПК сигнальных и комбинационных компонент МФ $d_{\tau_C-Alt-П8}(t)$ на отрезке длительностью τ_C одиночного элемента ППСП. В (58) $v_l, v'_l, \chi_l, \chi'_l, \overline{v_l}, \overline{v'_l}, \overline{\chi_l}$ и $\overline{\chi'_l}$ – взаимно независимые случайные величины, принимающие на каждом элементе соответствующей ППСП значение +1 или –1.

3.3. Энергетический спектр модулирующей функции восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала

Методика вывода соотношений для энергетического спектра $S_{Alt-П8}(\omega)$ МФ $d_{Alt-П8}(t)$ восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала остаётся той же самой, что в случае четырехкомпонентного полного AltВОС – сигнала. Как и раньше, полагаем, что все восемь компонент МФ $d_{Alt-П8}(t)$ (50) полного AltВОС – сигнала с постоянной огибающей представляют собой стационарные и статистически взаимно независимые

случайные процессы. Поэтому применительно к различным компонентам $d_{Alt-П8}(t)$ все ВЭС (и соответственно взаимные корреляционные функции) равны нулю [20, 25]. Следовательно, все перекрестные члены между различными компонентами энергетического спектра $S_{Alt-П8}(\omega)$, представляющими собой ВЭС, (по аналогии с энергетическим спектром $S_{Alt-П4}(\omega)$) равны нулю. Заметим, что не следует путать перекрёстные члены между различными компонентами сигнала и перекрёстными членами между текущим и запаздывающим членами одной и той же компоненты этого сигнала.

Выразив энергетический спектр $S_{Alt-П8}(\omega)$ через энергетические спектры составных косинусных МПК сигнальных и комбинационных компонент одиночного элемента МФ $d_{\tau_C-Alt-П8}(t)$, окончательно получим [11,13]:

$$S_{Alt-П8}(\omega) = \frac{1}{L} [S_{\tau_C-c1}(\omega) + S_{\tau_C-c2}(\omega)] [|H_{L-I-C}(\omega)|^2 + |H_{L-Q-C}(\omega)|^2 + |H_{U-I-C}(\omega)|^2 + |H_{U-Q-C}(\omega)|^2] + \frac{1}{L} [S_{\tau_C-k1}(\omega) + S_{\tau_C-k2}(\omega)] [|H_{L-I-K}(\omega)|^2 + |H_{L-Q-K}(\omega)|^2 + |H_{U-I-K}(\omega)|^2 + |H_{U-Q-K}(\omega)|^2] + \frac{2}{L} S_{\tau_C-c1-c2}(\omega) [|H_{L-I-C}(\omega)|^2 + |H_{L-Q-C}(\omega)|^2 - |H_{U-I-C}(\omega)|^2 - |H_{U-Q-C}(\omega)|^2] + \frac{2}{L} S_{\tau_C-k1-k2}(\omega) [|H_{L-I-K}(\omega)|^2 + |H_{L-Q-K}(\omega)|^2 - |H_{U-I-K}(\omega)|^2 - |H_{U-Q-K}(\omega)|^2], \quad (59)$$

где $S_{\tau_C-c1}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{\tau_C} \cdot [F_{\tau_C-C}(\omega)F_{\tau_C-C}^*(\omega)]$,
 $S_{\tau_C-c2}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{\tau_C} \cdot [F_{\tau_C-C-3}(\omega)F_{\tau_C-C-3}^*(\omega)]$,
 $S_{\tau_C-k1}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{\tau_C} \cdot [F_{\tau_C-K}(\omega)F_{\tau_C-K}^*(\omega)]$,
 $S_{\tau_C-k2}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{\tau_C} \cdot [F_{\tau_C-K-3}(\omega)F_{\tau_C-K-3}^*(\omega)] - \quad (60)$

энергетические спектры составных косинусных МПК $r_{\tau_C-c-cos-c}(t)$, $r_{\tau_C-c-cos-c}(t-0.25T_M)$, $r_{\tau_C-c-cos-k}(t)$, и $r_{\tau_C-c-cos-k}(t-0.25T_M)$ сигнальных и комбинационных компонент одиночного элемента МФ $d_{\tau_C-Alt-П8}(t)$;

$$S_{\tau_C-c1-c2}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} i \frac{1}{\tau_C} \cdot [F_{\tau_C-C}(\omega)F_{\tau_C-C-3}^*(\omega)] - \quad (61)$$

ВЭС текущего $r_{\tau_C-c-cos-c}(t)$ и запаздывающего $r_{\tau_C-c-cos-c}(t-0.25T_M)$ составных косинусных МПК сигнальных компонент одиночного элемента МФ $d_{\tau_C-Alt-П8}(t)$;

$$S_{\tau_C-k1-k2}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} i \frac{1}{\tau_C} \cdot [F_{\tau_C-K}(\omega)F_{\tau_C-K-3}^*(\omega)] - \quad (62)$$

ВЭС текущего $r_{\tau_C-c-cos-k}(t)$ и запаздывающего $r_{\tau_C-c-cos-k}(t-0.25T_M)$ составных косинусных МПК комбинационных компонент одиночного элемента МФ $d_{\tau_C-Alt-П8}(t)$ [13].

Учитывая, что $f_c = \frac{1}{\tau_C}$, $f_m = \frac{1}{2\tau_M}$, $N_m = \frac{2f_m}{f_c}$, $\tau_C = N_m \tau_M$ и $\omega_m = 2\pi f_m$, окончательное соотношение, характеризующее энергетический спектр $S_{\tau_C-Alt-П8}(f)$ одиночного элемента МФ восьмикомпонентного полного AltВОС – сигнала в виде [11, 13]

$$S_{\tau_C-Alt-П8}(f) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{4}{f_c} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right)} \cdot \left[\cos^2\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right) - 2 \cos\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi f}{2 N_m f_c}\right) + 2 \right] \\ \text{при } N_m - \text{чётном } (N_m = 2, 4, \dots); \\ \\ \frac{4}{f_c} \cdot \frac{\cos^2\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right)} \cdot \left[\cos^2\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right) - 2 \cos\left(\frac{\pi f}{N_m f_c}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi f}{2 N_m f_c}\right) + 2 \right] \\ \text{при } N_m - \text{нечётном } (N_m = 3, 5, \dots). \end{array} \right. \quad (63)$$

В том случае, когда N_m нечётное число ($N_m=3, 5, \dots$), формула (63) совпадает с соответствующим выражением из [9]. Для случая, когда N_m чётное число ($N_m=2, 4, \dots$), в [9] выражение $S_{\tau_C-Alt-П8}(f)$ отсутствует.

На рисунке 5 изображены графики ВЭС, на рисунках 6–9 графики энергетических спектров $S_{\tau_C-Alt-П8}(f)$, представленные сплошными кривыми, и $S_{\tau_C-Alt-П4}(f)$, выполненные штриховыми линиями.

Графики получены с помощью пакета программ Mathcad согласно (49) для $S_{\tau_C-Alt-П4}(f)$ и (63) для $S_{\tau_C-Alt-П8}(f)$ применительно к различным значениям коэффициента кратности: $N_m=2$ (рис. 6), $N_m=3$ (рис. 7), $N_m=4$ (рис. 8) и $N_m=5$ (рис. 9). Графики построены в логарифмическом масштабе, когда по оси ординат отложены значения $S_{дБ}(f) = 10 \cdot \log S(f)$. При расчёте

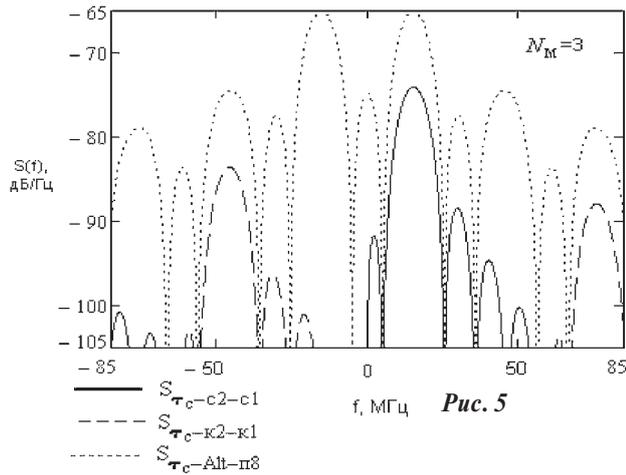


Рис. 5

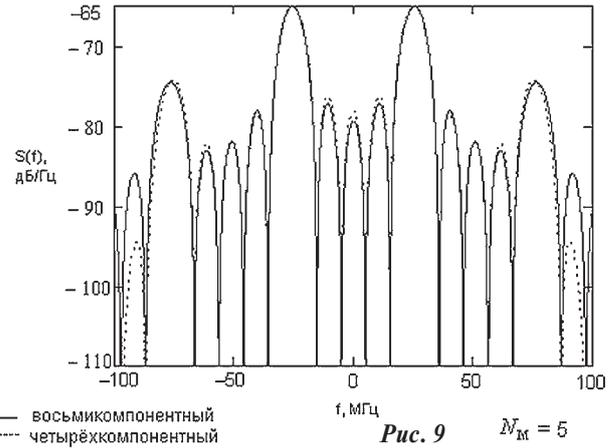


Рис. 9

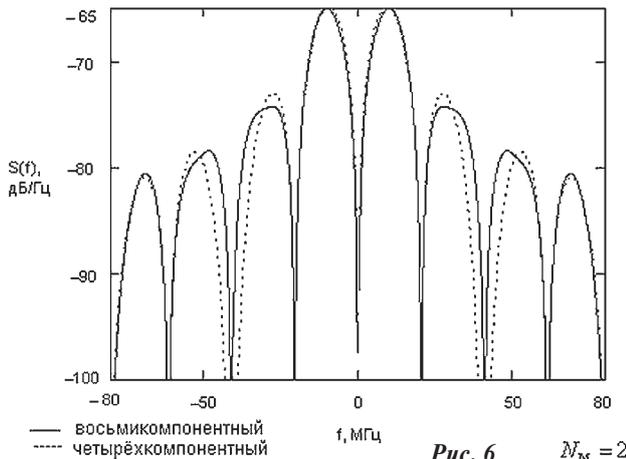


Рис. 6

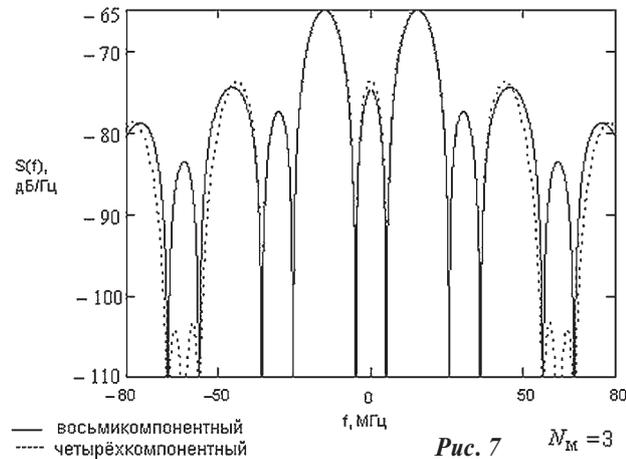


Рис. 7

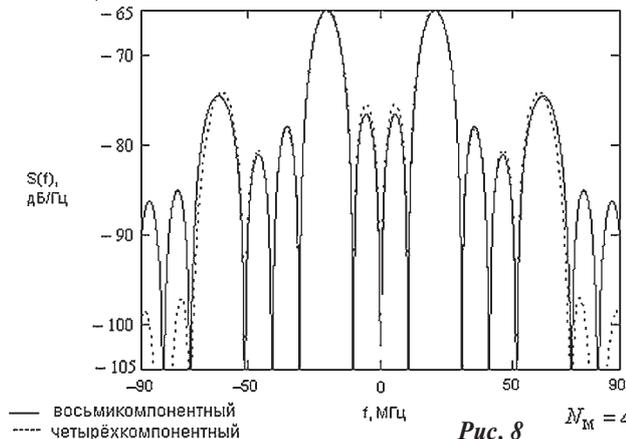


Рис. 8

графиков на рис. 6–9 были приняты значения опорной частоты $f_{on} = 1,023$ МГц и частоты следования элементов ППСП $f_c = 10 f_{on} = 10,23$ МГц, что соответствует, в частности, параметрам системы Galileo в случае формирования AltВОС – сигналов с модуляцией типа AltВОС (15,10) в диапазоне E5 на несущей частоте $f_n = 1191,795$ МГц.

Таким образом, представленные на рис. 6–9 графики энергетических спектров $S_{\tau_c-Alt-p8}(f)$ и $S_{\tau_c-Alt-p4}(f)$ характеризуют одиночные элементы МФ полных AltВОС – сигналов с постоянной и непостоянной амплитудой применительно к модуляции одного из типов AltВОС (10,10), AltВОС (15,10), AltВОС (20,10) и AltВОС (25,10) соответственно. Все энергетические спектры являются нормированными (амплитуды ППСП приняты, равными 1).

Заключение

1. Энергетические спектры $S_{Alt-2}(f)$, $S_{Alt-p4}(f)$ и $S_{Alt-p8}(f)$ одиночного периода МФ AltВОС – сигналов определяются:
 - энергетическими спектрами $S_{\tau_c-Alt-p2}(f)$, $S_{\tau_c-Alt-p4}(f)$ и $S_{\tau_c-Alt-p8}(f)$ одиночных элементов МФ AltВОС – сигналов;
 - ВЭС текущего и запаздывающего (косинусного и синусного) составных косинусных МПК одиночных элементов МФ AltВОС – сигналов;
 - амплитудными спектрами ПСП кодовых коэффициентов.
2. Полученные аналитические соотношения позволяют рассчитать энергетические спектры одиночного элемента МФ и одиночного периода МФ при произвольном значении коэффициента кратности меандровых импульсов для простейшего AltВОС – сигнала и полных AltВОС – сигналов с непостоянной и постоянной огибающей.
3. При переходе от одиночного периода МФ AltВОС – сигналов к рассмотрению соответствующих периодических МФ (с периодом $T_L = L\tau_c$) сплошной энергетический спектр $S_{Alt-2}(\omega)$, $S_{Alt-p4}(\omega)$ или $S_{Alt-p8}(\omega)$ трансформируется в соответствующий линейчатый (дискретный), в котором линии спектра находятся друг от друга на расстоянии $2\pi/T_L$.

Огибающая энергетического спектра периодической МФ AltBOC – сигналов имеет такой же вид, что и энергетический спектр $S_{Alt-2}(\omega)$, $S_{Alt-П4}(\omega)$ или $S_{Alt-П8}(\omega)$ одиночного периода МФ AltBOC – сигналов [23, 25].

4. Спектры самих AltBOC – сигналов на основании известных спектров МФ AltBOC – сигналов рассчитываются согласно типовым формулам перехода от спектров видеосигналов к спектрам радиосигналов, например, [23, 25].

ЛИТЕРАТУРА

1. European GNSS (Galileo) Open Service Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD, Issue 1.1. Revision 1, En, European Space Agency, September 2010.
2. BeiDou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document (Test Version), China Satellite Navigation Office, December 2011.
3. Ries L., Lestarquit L., Erhard P., et al. A Software Simulation Tool for GNSS 2 BOC – signal Analysis.– Proc. Institute of Navigation Global Positioning System Meeting (ION GPS 2002). Portland. 24–27 Sep. 2002. Fairfax: ION, 2002. P. 2225.
4. Ries L., Lestarquit L., Issler J.-A., Pratt A. R., et al. CD ROM. New Investigations on Wideband GNSS2 Signals.– Proc. of the ION ENC GNSS 2003, Graz, Austria, April 2003. <http://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1025874.pdf>
5. 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.
6. «Galileo-IOV PFM, FM2, FM3, FM4», Gunter’s Space Page. http://space.skyrocket.de/doc_sdat/galileo-iov.html
7. GNSS приемник типа TRIUMPH-VS, компания JavadGNSS. http://www.javadgnss.ru/doc/triumph-vs/TRIUMPH-VS_RUS_Datasheet.pdf
8. GNSS геодезический приемник типа GNSS Leica Viva GS15, компания Leica Geosystems AG (Швейцария). http://www.leica-geosystems.ru/downloads123/zz/gpsgis/Viva%20GNSS/brochures-datasheet/Leica_Viva_GNSS_GS15_receiver_DS_ru.pdf
9. Rebeyrol E., Julien O., Macabiau Ch., et al. Galileo Civil Signal Modulations.– GPS Solutions. 2007. V. 11. № 3. P. 159.
10. Ярлыков М. С. Полные AltBOC – сигналы с непостоянной и постоянной огибающей для спутниковых радионавигационных систем нового поколения. РЭ, 2012. Т.57. № 6, С. 656.
11. Ярлыков М.С. Спектральные характеристики навигационных AltBOC–сигналов. – РЭ, 2012. Т.57. № 8. С. 866.
12. Rebeyrol E., Macabiau Ch., Lestarquit L. et al. BOC Power Spectrum Densities.– Proc. Institute of Navigation National Technical Meeting (ION – NTM 2005). San Diego. 24–26 Jan., 2005. Fairfax: ION, 2005. P.769.
13. Ярлыков М. С. Энергетические спектры одиночного периода модулирующей функции перспективных навигационных AltBOC-сигналов. Радиотехника, 2012, № 10. С. 21
14. Ярлыков М. С. Меандровые радиосигналы (BOC – сигналы) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения. Новости навигации, 2007, № 3. С. 12.
15. Ярлыков М. С. Комплексные меандровые псевдослучайные последовательности и AltBOC – модуляция в спутниковых радионавигационных системах нового поколения.– РЭ. 2011. Т.56. № 2. С. 191.
16. Шебшаевич В. С., Дмитриев П. П., Иванцевич Н. В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы.– М.: Радио и связь, 1993.
17. 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.
18. Бакитько Р. В., Булавский Н. Т., Горев А. П. и др. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования.– М.: Радиотехника, 2005.
19. Ярлыков М. С. Меандровые шумоподобные сигналы (BOC – сигналы) в новых спутниковых радионавигационных системах.– Радиотехника. 2007. № 8. С. 3.
20. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника, 2-е изд.– М.: Сов.радио, 1982.
21. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации / Под ред. В. Б. Пестрякова.– М.: Сов.радио, 1973.
22. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами.– М.: Радио и связь, 1985.
23. Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы.– М.: ФОРУМ: ИНФРА, 2005.
24. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы.– М.: Высшая школа, 2005.
25. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн.1.– М.: Сов. радио, 1974.
26. Ярлыков М. С. Косинусные меандровые шумоподобные сигналы (CosBOC – сигналы) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения.– Радиотехника. 2009. № 7. С. 20.
27. Lestarquit L., Artaud G., Issler J –L. AltBOC for Dummies or Everything You Always Wanted to Know About AltBOC.– Proc. Institute of Navigation Global Navigation Satellite System Meeting (ION GNSS 2008). Savannah. Georgia. 16–19 Sep. 2008. Fairfax: ION, 2008. P. 961.



УДК 696.28.342

СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО РАЗНЕСЕННЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ¹

В. Н. Саблин, И. В. Парамонов, Е. А. Бурмистров²

Представлены результаты исследований по выбору и обоснованию путей построения высокоточной системы синхронизации пространственно разнесенных радиотехнических комплексов. Предлагаемые решения изложены на примере их реализации в разработанной ОАО «ЦНИИРЭС» радиотехнической системе поиска и контроля состояния объектов. Детализированы два альтернативных варианта построения системы синхронизации — с опорным генератором на базе стандарта частоты и с использованием сигнала спутниковой радионавигационной системы.

Ключевые слова: радиотехнический, комплекс, синхронизация, юстировка, стандарт, частота, навигационный, приемник

SYNCHRONIZATION SYSTEM FOR SPATIALLY DISPERSED LOCAL RADIOTECHNICAL COMPLEXES

V. N. Sablin, I. V. Paramonov, E. A. Burmistrov

This article presents the results of researches about choosing and grounding ways for construction the high accuracy synchronization system of spatially dispersed radiotechnical complexes. The offered solutions are expounded on the example of their realization in the radio technical system for search and condition control of objects developed by CSNIRESJSC. Two alternative variants of construction of the synchronization system are presented: with a supporting generator on the base of frequency standard or with using signal of radiotechnical navigation system of the satellite.

Локальные пространственно разнесенные радиотехнические комплексы (системы) предназначены для решения широкого класса задач: при проведении аварийно-спасательных работ на шахтах и рудниках, на лыжных курортах и в лавиноопасных зонах, для контроля объектов подвижного состава, отрыва последнего вагона, передвижений грузов, отдельных лиц и ремонтных бригад на железнодорожных узловых станциях, решения подобных задач в морских и речных портах и на водных акваториях, в небольших аэропортах и т. д.

Важность и актуальность разработки и создания таких систем обусловлена также и тем, что их значимость, в том числе и в оборонном отношении, резко возрастает в угрожаемый и военный периоды, когда противоборствующие стороны будут не только исключать возможность свободного использования своих глобальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС), но и стремиться к подавлению СРНС противника. Так, в 1999 г. во время бомбежек Югославии американцы отключали сигнал GPS для чужих пользователей в этой части Европы. В 2008 г. во время грузино-южноосетинской войны GPS также была отключена на всей территории боевых действий.

Одна из таких пространственно разнесенных радиотехнических систем, защищенная двумя патентами на изобретение, разработана в АО «ЦНИИРЭС» [1,2]. Система отмечена Золотой медалью на салоне изобретений «Эврика-2008» в Брюсселе.

В принципе, эта система может быть доработана и под двойное применение — для контроля состояния и положения личного состава, вооружения и военной техники войсковых формирований на поле боя и подразделений силовых ведомств в ходе проведения спецопераций.

В настоящей статье представлены результаты дальнейших проработок института по обоснованию технического облика и оптимизации параметров указанной локальной радиотехнической системы — предложена высокоточная система синхронизации пространственно разнесенных элементов системы в двух вариантах ее построения.

Структурная схема системы контроля состояния и поиска объектов представлена на рис. 1.

В состав системы контроля и поиска объектов входят:

- автономные ответчики — малогабаритные устройства ответа (АМО) по числу контролируемых объектов;
- приемные посты, количеством не менее трех, состоящие из антенны, приемника и аппаратуры синхронизации и связи;

¹ Статья подготовлена на основе доклада, представленного на научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», 14.12.2012.

² В. Н. Саблин — генеральный директор ОАО «Центральный научно-исследовательский институт радиоэлектронных систем», д.т.н., профессор; И. В. Парамонов, Е. А. Бурмистров — сотрудники ОАО «Центральный научно-исследовательский институт радиоэлектронных систем», г. Москва.

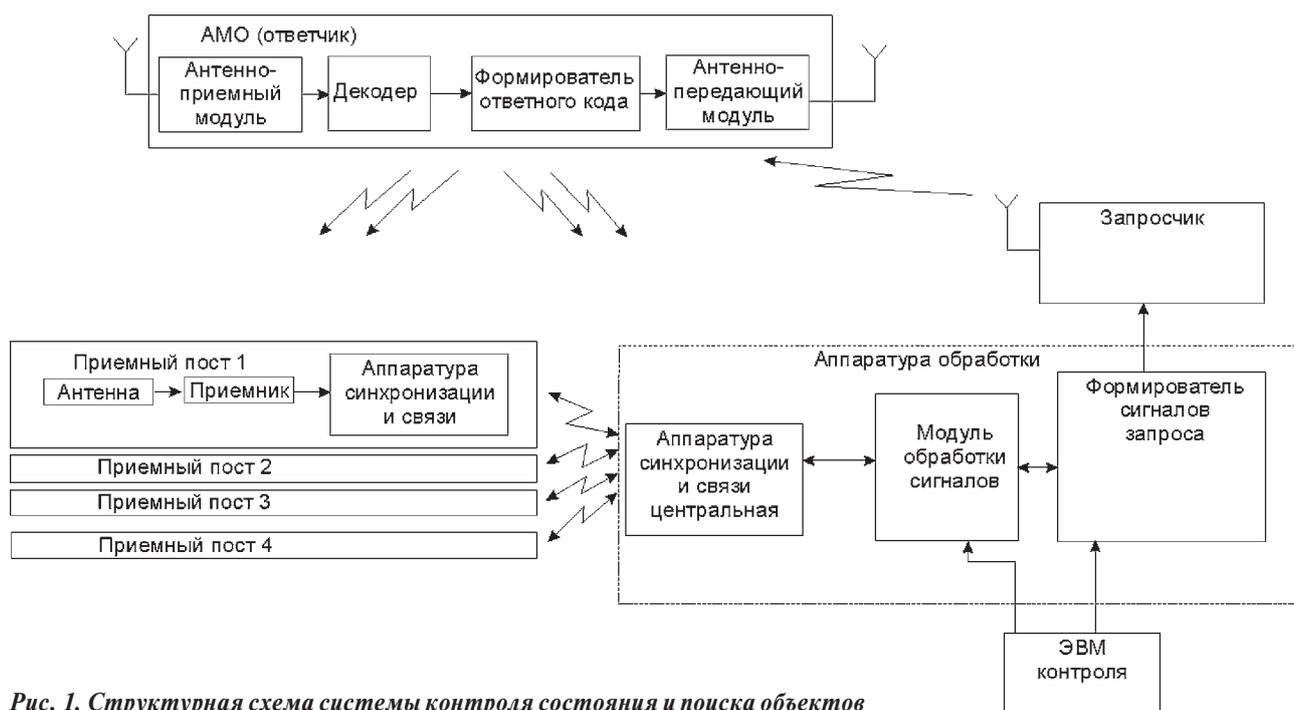


Рис. 1. Структурная схема системы контроля состояния и поиска объектов

- запросчик, состоящий из передатчика индивидуальных кодов и передающей антенны;
- аппаратура обработки информации и управления;
- ЭВМ контроля с программным обеспечением.

Определение координат объектов осуществляется разностно-дальномерным методом путем измерения времен задержек сигналов, с ошибкой не более 1...3 м.

Приемные посты располагаются таким образом, чтобы расстояние между ними было максимальным в пределах заданной области контроля.

Каждому объекту контроля соответствует два уникальных кода запроса, один – работающий в автоматическом режиме без воздействия объекта, второй – при переводе автономного малогабаритного устройства ответа в положение «авария».

ЭВМ контроля в соответствии с перечнем поочередно выдает на модуль обработки сигналов и на формирователь сигналов запроса номер объекта контроля и коды объекта контроля, соответственно.

Запросчик излучает сигнал запроса в предполагаемое место расположения объекта.

Расположенный на объекте контроля АМО осуществляет прием, детектирование сигналов запроса, формирование и передачу ответного кода. Сигналы, излученные АМО, принимаются приемными постами и преобразуются для передачи на аппаратуру обработки и ЭВМ контроля.

ЭВМ контроля принимает сигналы от всех приемных постов, осуществляет их обработку, в результате которой определяются пространственные координаты (местоположение) объекта контроля, а по переданному коду – его состояние.

- прием программ обзора по интерфейсу Ethernet;
- формирование сигналов синхронизации и юстировки, привязку их к системе единого времени;

- формирование команд управления приемной системой и устройством цифрового анализа сигналов в соответствии с заданной программой обзора;
- формирование сигналов и кодограмм функционального контроля.

Требования к составу предусматривают наличие в системе:

- навигационной аппаратуры;
- опорного генератора;
- модуля формирования сигналов синхронизации и команд управления;
- ЭВМ управления;
- специального программного обеспечения.

Обобщенная структурная схема системы синхронизации и управления приведена на рис. 2.

Казалось бы, что поддержание временного рассогласования сигналов синхронизации разнесенных постов системы на уровне единиц наносекунд можно было бы обеспечить путем использования для всех постов единого источника синхросигналов, или, по крайней мере, единого задающего генератора. Однако, такое решение, при всей его очевидности, для мобильных комплексов практически неприменимо. Передача синхросигналов по кабельным линиям не обеспечивает мобильности системы, а передача по радиоканалу не обеспечивает заданной временной точности.

Другой подход к решению задачи состоит в том, что подсистемы синхронизации каждого ее поста функционируют независимо, а согласование работы системы, как комплекса в целом, осуществляется путем периодического проведения его юстировки.

Достоинством такого подхода является высокий уровень автономности работы разнесенных постов и возможность учета в процессе юстировки не только рассогласования систем синхронизации и управления постов, но и рассогласования трактов обработки сигналов. В ходе

проведения исследований этот вариант построения системы синхронизации и управления был проанализирован достаточно подробно.

Система функционирует следующим образом. ЭВМ управления обеспечивает прием программ обзора и команд управления, поступающих по сети Ethernet. Полученные команды и программы обзора обрабатываются и в соответствии с ними производится передача необходимой информации по сети Ethernet на внешние устройства, а по внутреннему каналу обмена – на управляемый формирователь сигналов. Формирователь обеспечивает генерацию всех необходимых сигналов синхронизации, формирование стробов и сигналов управления и передачу их внешним потребителям. Стабильность сигналов синхронизации обеспечивается за счет формирования их из сигнала высокостабильного опорного генератора, а привязка к единому времени – по информации от навигационной аппаратуры. Взаимная синхронизация и юстировка постов для приведенной структуры системы синхронизации и управления могут быть обеспечены за счет ввода соответствующих поправок в формирователь сигналов.

Синхронизация с сигналами единого времени обеспечивается включением в состав системы управления и синхронизации навигационной аппаратуры.

Стабильность формирования всех сигналов управления и синхронизации обеспечивается опорным генератором. Величина нестабильности опорного генератора определяет две важных характеристики системы: периодичность проведения юстировки и периодичность осуществления привязки к единому времени.

Исследования показали, что требуемая точность привязки к единому времени на три порядка меньше требуемой временной точности формирования сигналов, поэтому привязку к единому времени имеет смысл проводить в процессе проведения юстировки.

Период проведения юстировки с учетом суммарной нестабильности двух синхронизируемых постов определяется по формуле

$$T = \frac{\Delta}{\delta\sqrt{2}},$$

где T – максимальный период проведения юстировки, с;
 Δ – допустимая временная ошибка, с;
 δ – относительная нестабильность опорного генератора.

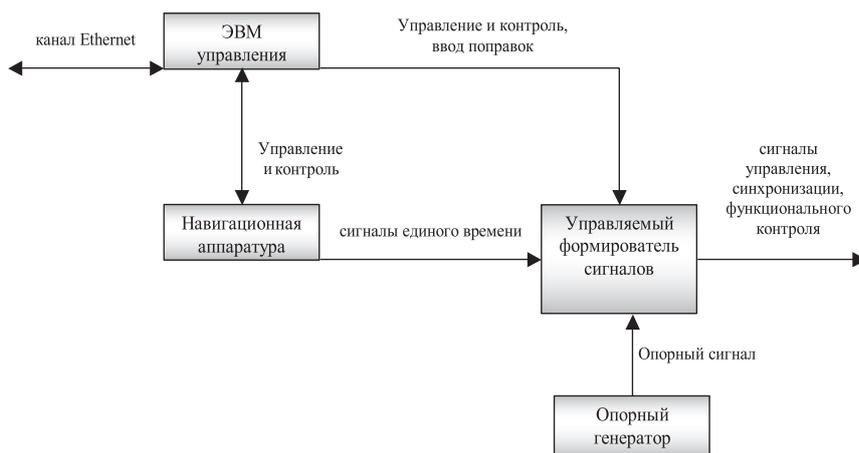


Рис. 2. Обобщенная структурная схема системы синхронизации и управления

Таблица 1.

Характеристики некоторых стандартов частоты

Устройство	RFS-2001	RFS-3000	Фианит	LPFRS-01
Тип	рубидиевый	рубидиевый	цезиевый	рубидиевый
Точность установки частоты	-	-	2×10^{-11}	5×10^{-11}
Уход частоты за месяц	$2,5 \times 10^{-11}$	1×10^{-11}	-	5×10^{-10} ¹⁾
Кратковременная нестабильность, за 1 с	3×10^{-11}	1×10^{-11}	2×10^{-11}	1×10^{-11}
Долговременная нестабильность, за 1000 с	$3,5 \times 10^{-12}$	5×10^{-13}	5×10^{-13}	5×10^{-13} ²⁾
Температурный коэффициент частоты, 1/°C	2×10^{-12}	1×10^{-12}	1×10^{-13}	1×10^{-11}

¹⁾ за год
²⁾ за 3600 секунд.

Нестабильность опорного генератора должна составлять $10^{-12} \dots 10^{-11}$. Для заданных значений временной ошибки 10 нс и указанной относительной нестабильности опорных генераторов, период проведения юстировки должен составлять не более 700...7000 секунд.

Получить такую стабильность при использовании кварцевых опорных генераторов не представляется возможным, поэтому в качестве генератора опорных сигналов должен использоваться либо атомный стандарт частоты, либо аппаратура навигационной системы.

Были исследованы вопросы обеспечения высокой стабильности частоты за счет применение в качестве опорного генератора атомарного стандарта частоты – рубидиевого или цезиевого. В таблице приведены параметры некоторых таких устройств.

Из приведенной ниже таблицы 1 следует, что рубидиевые и цезиевые стандарты могут обеспечить высокую стабильность частоты, удовлетворяющую приведенным выше требованиям. Однако ввиду низкой точности установки и большого ухода частоты во времени их применение требует принятия сложных мер по компенсации этих погрешностей.

Простейшим способом является уменьшение периода проведения юстировки до величин порядка 140 с (при начальной ошибке частоты 2×10^{-11}

и кратковременной нестабильности 3×10^{-11}). Однако такое решение является промежуточным, поскольку с учетом временного ухода частоты период юстировки придется уменьшать. Так, в случае применения RFS-2001, уже через месяц эксплуатации период юстировки должен быть уменьшен до 94 секунд.

Следует также учесть, что описанные меры действительны только при согласовании рабочих температур рубидиевых генераторов с точностью до единиц градусов или использовании в качестве опорного генератора устройства с характеристиками не хуже чем у генератора «Фианит».

Другим способом обеспечения высокой стабильности опорной частоты является применение в качестве источника навигационного приемника. Типовые параметры стабильности формируемого навигационными приемниками в режиме синхронизации сигнала опорной частоты следующие (на примере приемника Trimble Thunderbolt GPS Disciplined Clock):

- кратковременная нестабильность частоты 7×10^{-11} ;
- долговременная нестабильность частоты $1,16 \times 10^{-12}$.

Если сравнить эти характеристики с приведенными в таблице данными, то может создаться впечатление, что навигационные приемники сильно уступают атомным стандартам частоты. Однако следует учесть тот факт, что для навигационных приемников, синхронизируемых по сигналам от одного спутника (или группы одинаковых спутников), отсутствует начальная расстройка рабочих частот, а температурный дрейф частоты сигнала в режиме синхронизации практически отсутствует. Таким образом, при работе в реальных условиях с учетом климатических факторов и эффектов старения генераторов, параметры опорного генератора на базе навигационного приемника

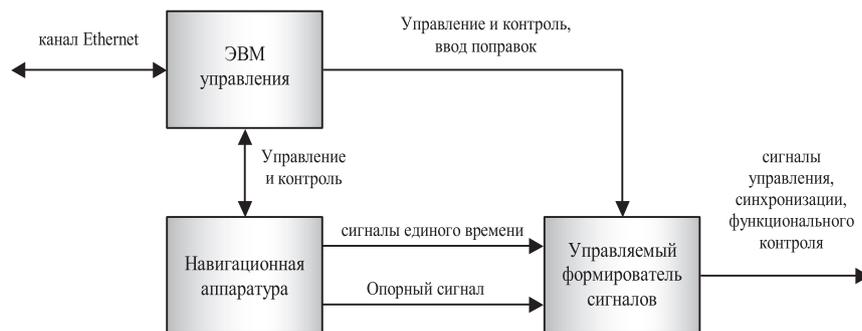


Рис. 3. Структурная схема системы синхронизации на базе опорного сигнала навигационной аппаратуры

оказываются сравнимыми с параметрами опорного генератора на базе стандарта частоты.

Применение в качестве опорного генератора системы синхронизации и управления навигационного приемника позволяет исключить из системы отдельный генератор опорного сигнала и тем самым удешевить аппаратуру и улучшить ее массогабаритные характеристики. В случае использования формируемого навигационной аппаратурой опорного сигнала структурная схема системы приобретает вид, приведенный на рис. 3.

Минимальный период выполнения юстировки для такой системы определяется кратковременной нестабильностью частоты и составляет 101 секунду.

Таким образом, вариант использования в качестве опорного генератора системы навигационного приемника также является не только приемлемым, но и предпочтительным вариантом построения системы синхронизации.

На рис. 4 представлена детально проработанная структурная схема варианта построения системы синхронизации на базе спутниковой навигационной системы типа ГЛОНАСС или GPS.

В состав системы синхронизации на каждом пространственно разнесенном приемном посту входят:

- аппаратура линии связи,

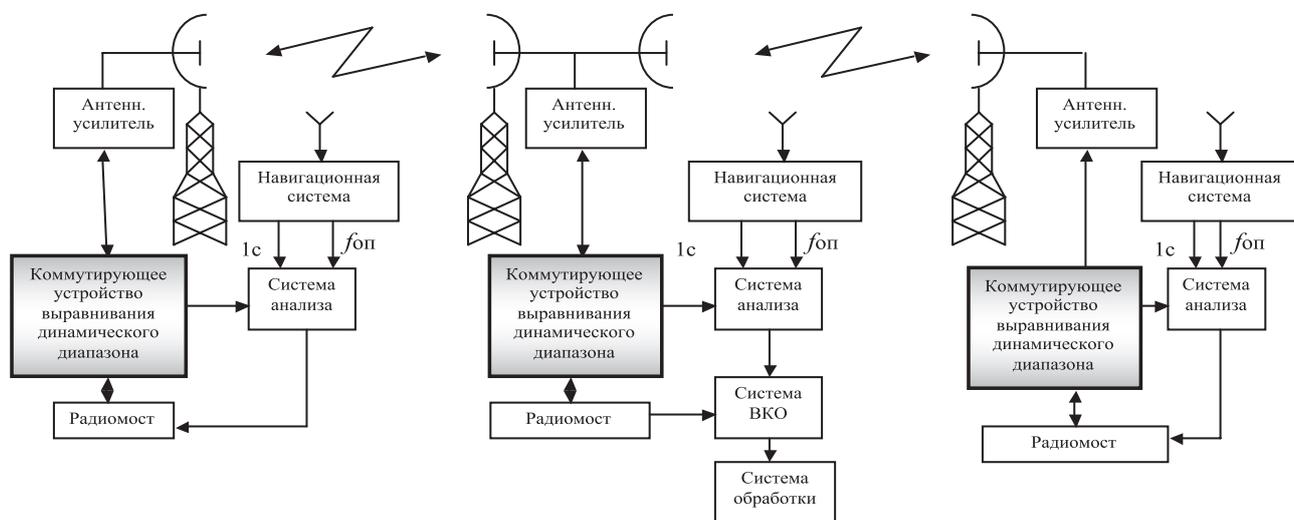


Рис. 4. Структурная схема варианта построения системы синхронизации на базе спутниковой навигационной системы

- коммутируемое устройство выравнивания динамического диапазона сигнала линии связи,
- аппаратура навигационной системы,
- канал обработки сигнала линии связи системы анализа,
- средства автономной синхронизации системы анализа.

Кроме того, на центральной станции имеется модуль взаимно-корреляционной обработки (ВКО) и программное обеспечение вычисления временной поправки в составе программного обеспечения системы обработки.

Данная система синхронизации была изготовлена и испытана в ЦНИИРЭС в рамках ряда инициативных НИР в период с 2007 г. по настоящее время.

Представленная в докладе система временной синхронизации для локальных пространственно разнесенных радиотехнических комплексов имеет расширенное применение и может быть использована в широком классе высокоточных информационно-измерительных и информационно-управляющих комплексов и систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саблин В. Н., Парамонов И. В. «Система поиска и контроля состояния объектов». Материалы научно-практической конференции в рамках XIV международной выставки «Интерполитех-2010»,— М.: 2010.
2. Саблин В. Н., Бурмистров Е. А., Парамонов И. В. Система контроля местоположения объектов подвижного состава и бригад обслуживания на железнодорожных станциях. Научно-технический журнал «Наука и технологии в промышленности».— М.: 2010.



УДК 621.396.99

АППАРАТУРА КОНТРОЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ГНСС¹

Ю. С. Яскин, В. В. Тюбалин, О. Е. Лопатко, М. К. Головин²

В статье содержится описание аппаратного состава, программно-математического обеспечения, основных характеристик и состояния разработки мобильной и стационарной аппаратуры контроля навигационных полей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и аппаратуры контроля качества их навигационных сигналов.

Ключевые слова: *аппаратура, ГНСС, качество, контроль, навигационный, сигнал*

GNSS SIGNAL MONITORING EQUIPMENT

Yu. S. Yaskin, V. V. Tiubalin, O. E. Lopatko, M. K. Golovin

The paper describes the equipment, the software, basic characteristic and state of development of a mobile and fixed GNSS navigation field and signal quality monitoring facilities.

В статье приводится описание аппаратного состава, программно-математического обеспечения, основных характеристик и состояния разработки мобильной и стационарной аппаратуры контроля навигационных полей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и аппаратуры контроля качества их навигационных сигналов.

осуществляется на основе альманахов ГЛОНАСС и GPS. В результате на карте мира можно поставить любую точку и прогноз характеристик будет осуществляться именно на нее. Прогноз осуществляется для различной «маски» антенны пользователя с учетом возможных секторов затенения.

На рис. 2 представлена мобильная АКНП в упаковке.



Рис. 1. Аппаратный состав мобильной АКНП

На рис. 1 приведен аппаратный состав мобильной аппаратуры контроля навигационных полей (АКНП). Ее программно-математическое обеспечение (ПМО) позволяет осуществить прогноз характеристик орбитальной группировки глобальной навигационной спутниковой системы. Этот прогноз



Рис. 2. Мобильная АКНП. Упаковка

¹ Статья подготовлена на основе одноименного доклада на 2-й Международной научно-технической конференции «Навигационные спутниковые системы, их роль и значение в жизни современного человека», посвященной 30-летию запуска на орбиту первого навигационного космического аппарата «Глонасс», (10–14 октября 2012, г. Железногорск Красноярского края).

² Ю. С. Яскин – генеральный директор, главный конструктор, В. В. Тюбалин – зам. гл. конструктора, О. Е. Лопатко – зам. ген. директора, М. К. Головин – зам. директора НПК-3; ОАО «НИИ космического приборостроения».

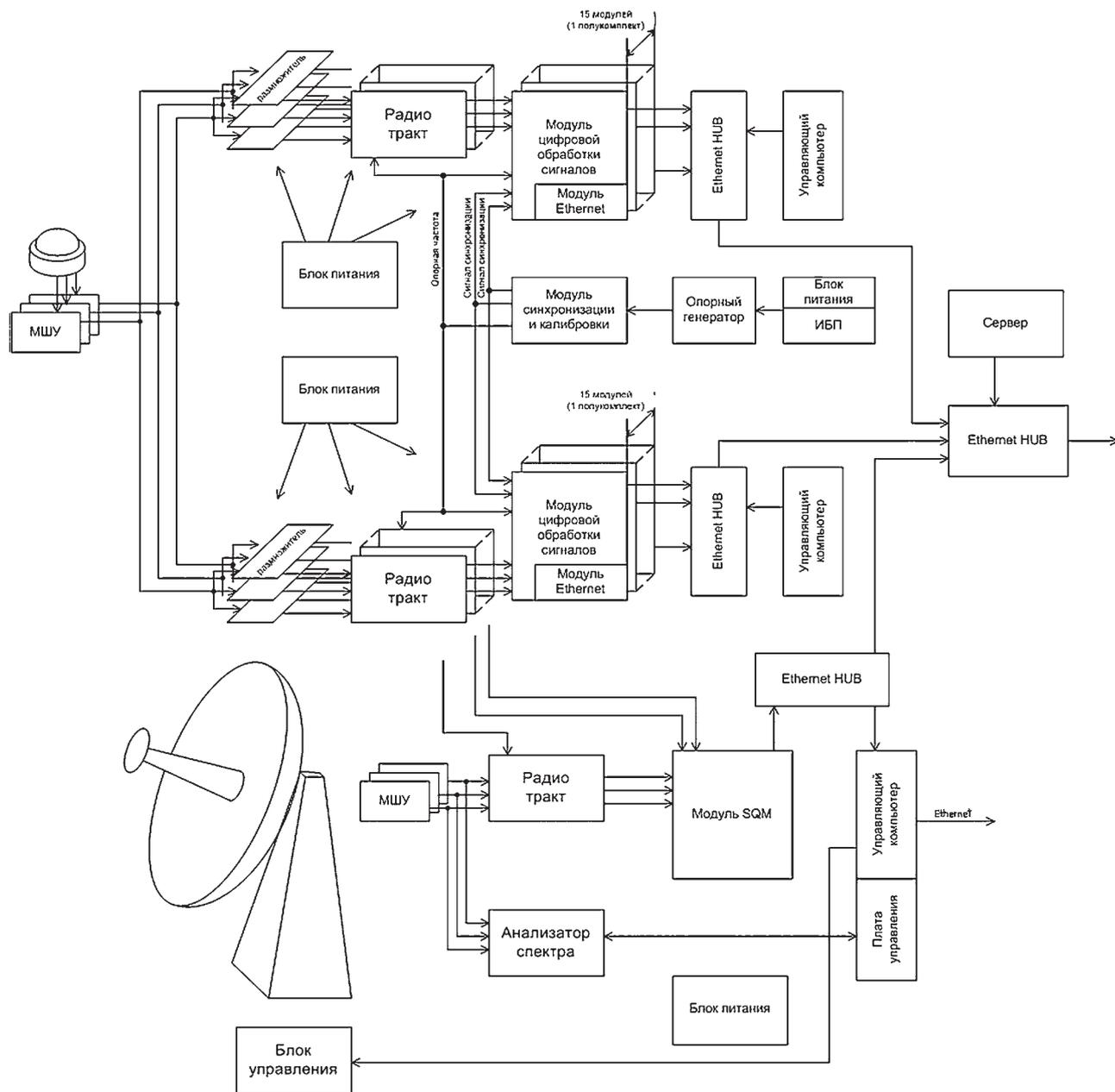


Рис. 3. Стационарная АКНП. Структурная схема

На рис. 3 приведена структурная схема стационарной АКНП. В состав стационарной АКНП входят:

- 15 одинаковых перепрограммируемых под различные ГНСС приемников в составе евростойки (рис. 4):
- ГЛОНАСС (L1, L2, L3/L5, СТ, ВТ, FDMA, CDMA);
- GPS (L1 C/A, L1C, L2C, L5);
- GALILEO (L1 E1, E5a, E5b);
- COMPASS (L1 BOC-1,1);
- QZSS (L1 BOC-1,1; L5 BPSK 10);
- SBAS (L1, L5).

Антенны (всенаправленная, направленная), комплект кабелей, промышленный Notebook, источники питания.

Прогнозируются следующие характеристики:

- Зоны видимости каждого НКА группировки в заданной точке.



Рис. 4. Стационарная АКНП. Евростойка в составе стенда

- Положение НКА на небесной сфере: угол места, азимут.
- Коэффициенты геометрии: HDOP, VDOP, PDOP, TDOP, GDOP.
- Доступность за интервал времени по 2-м критериям: гарантированное количество видимых навигационных космических аппаратов (НКА) и гарантированный коэффициент геометрии.
- Интегральные характеристики точности навигации на карте мира.
- Интегральные характеристики точности спутникового покрытия на карте мира.

Документируются все основные параметры

Программно-математическое обеспечение реального времени мобильной АКНП обеспечивает следующие режимы работы: «Движение»; «Останов»; «Контроль поля».

Во всех режимах возможна работа со следующими сигналами орбитальных группировок ГЛОНАСС и GPS:

ГЛОНАСС (СТ, L1, L2) + GPS (C/A L1, L2C); ГЛОНАСС (СТ, L1, L2); ГЛОНАСС (ВТ, L1, L2);

ГЛОНАСС (ВТ, L1, L2) + GPS (C/A L1, L2C); GPS (C/A L1, L2C).

Во всех режимах отображаются:

- результаты контроля состояния каналов приемника (энергетический потенциал канала L1/L2, поиск/прием);
- позиция (текущее время, координаты в заданной системе, номера НКА в решении, оценка точности по координатам и скоростям (плановым и высоте), высота, курс;
- расположение НКА на небесной сфере (азимут и угол места);
- оценки непрерывности измерений в диапазонах L1 и L2;
- сообщения о принятой информации.

В режимах «Останов» и «Контроль поля» отображается дополнительная информация:

- «мишень» точности плановых координат (отображение в плане результатов обсервации);

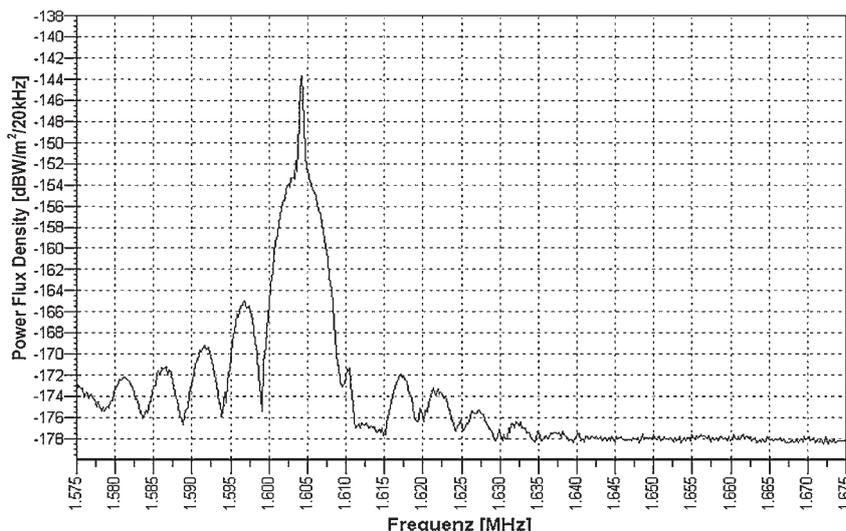


Рис. 5. Искажения сигнала во временной области. SQM-анализ (1)

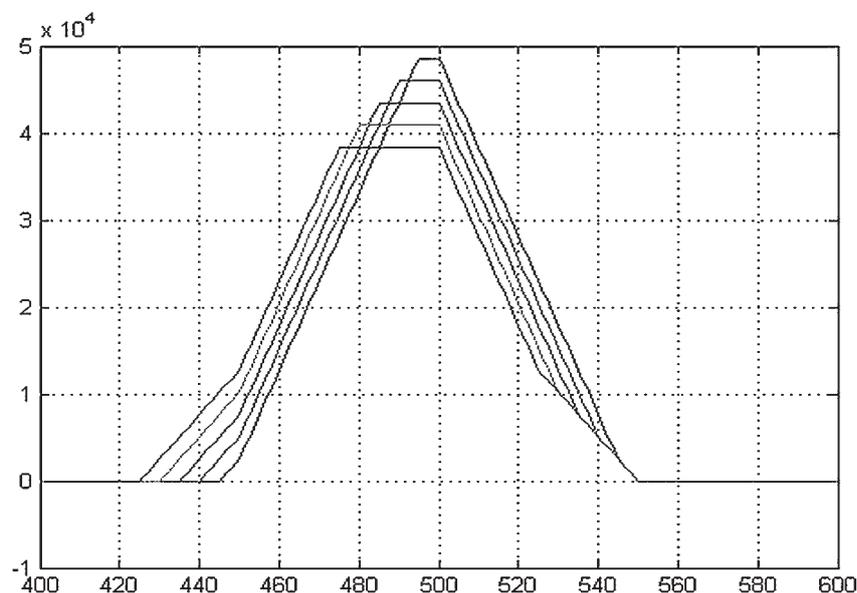


Рис. 6. Искажения сигнала во временной области. SQM-анализ (2)

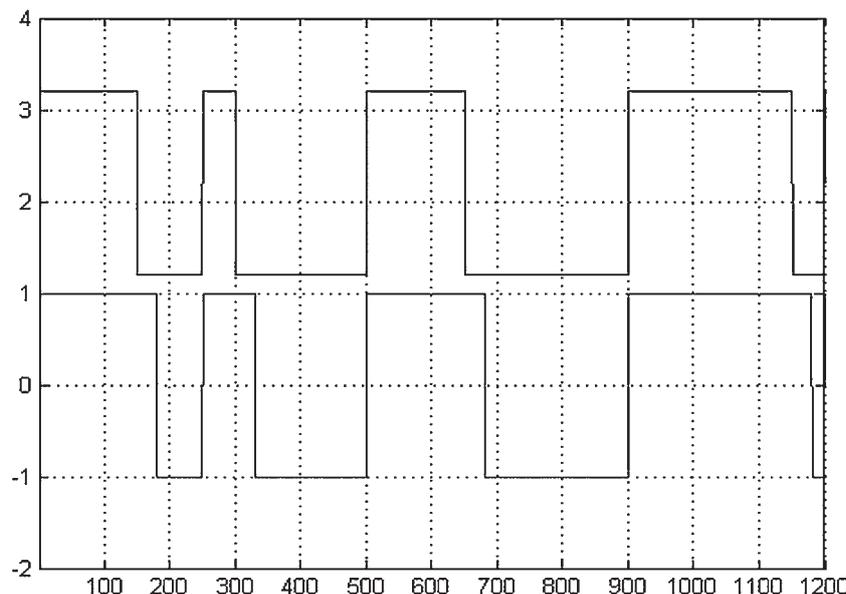


Рис. 7. Искажения спектра навигационного сигнала L1 ГЛОНАСС

- дифференциальные режимы работы (выработка дифференциальных поправок/прием и обработка дифференциальных поправок в соответствии со стандартом RTCM 104).

В режиме «Контроль поля» отображается также информация:

- отбраковка по RAIM алгоритму НКА систем ГЛОНАСС и GPS; пороги RAIM могут устанавливаться оператором с учетом информации SBAS или без учета этой информации.

Вся цифровая информация документируется в десятичном и бинарном виде. Сеанс связи может быть запомнен и проигран апостериорно. «Глубина» архива – 30 суток.

Программно-математическое обеспечение стационарной АКНП включает в себя:

- Программу прогноза характеристик орбитальных группировок ГНСС и их функциональных дополнений. Построение программы аналогично построению программы прогноза характеристик орбитальных группировок ГЛОНАСС и GPS для мобильной АКНП.
- Программу реального времени, по идеологии аналогичную программе реального времени для систем ГЛОНАСС и GPS мобильной АКНП.

Разработка программ под различные сигналы ГНСС сильно зависит от готовности Интерфейсных контрольных документов (ИКД) на эти сигналы. К настоящему времени разработана и изготовлена евростойка, изготовлены приемники, разработано и отлажено ПМО для ГЛОНАСС (L1, L2, СТ, ВТ) и GPS (L1 C/A, L2C).

В составе аппаратуры контроля качества навигационных сигналов ГНСС находятся следующие средства:

- Остронаправленная антенна с диаметром $d = 3,7$ м и коэффициентом усиления $K_u = 33$ дБ.
- Система управления антенной и система наблюдения за ориентацией антенны.
- Специализированный приемник.
- Высококачественный спектроанализатор.
- Специализированное ПМО.
- Промышленный Note-book.

Аппаратура контроля качества навигационных сигналов ГНСС выполняет следующие функции:

- оценивает спектральные характеристики навигационных сигналов;
- оценивает спектральные и энергетические характеристики помех;

- отображает и оценивает временные характеристики навигационных сигналов;
- оценивает энергетические характеристики навигационных сигналов.

На рис. 5, 6, 7 приведены примеры искажений сигналов во временной и частотной областях.

Выводы

1. В результате проведенной работы изготовлена и эксплуатируется компактная (мобильная) 64-канальная аппаратура контроля навигационных сигналов систем ГЛОНАСС и GPS в диапазонах L1 и L2.
2. Такая аппаратура особенно полезна в районах испытаний мобильной техники, использующей приборы спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS. Она позволяет оптимальным образом планировать испытания и служить «арбитром» в конфликтных ситуациях.
3. Стационарная многосистемная аппаратура контроля навигационных сигналов позволяет принимать и обрабатывать открытые сигналы всех известных в настоящее время ГНСС и их функциональных дополнений. Это позволяет сравнивать и оценивать параметры различных ГНСС. Аппаратура построена таким образом, что при изменении структуры сигнала какой либо ГНСС, достаточно произвести перепрограммирование параметров, не изменяя аппаратной части. Аппаратура изготовлена, идет ее отладка и доработка ПМО.
4. Разработанная система контроля качества навигационных сигналов ГНСС позволяет в диапазонах L1, L2 и L3/L5:
 - оценивать такие искажения модулирующего сигнала в НКА, как изменение длительности импульса ПСП, наличие переходного процесса при формировании импульса ПСП;
 - оценивать уровень мощности навигационного сигнала у поверхности Земли;
 - оценивать спектральные характеристики сигналов;
 - оценивать помеховую обстановку в точке приема навигационных сигналов.
5. В настоящее время идет отладка ПМО и монтаж юстировочного оборудования для направленной антенны системы контроля качества сигналов.



УДК 621.391.26

ПРОЦЕССОР ДЛЯ ВСТРАИВАЕМОЙ ПРИЕМНОЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ. ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА. Ч. 2¹

С. П. Ковита²

В первой части статьи были определены основы выбора и критические характеристики процессора для встраиваемых перспективных приемных модулей мобильной аппаратуры спутниковой навигации, основываясь на опыте ОАО «РИРВ». Рассмотрены характеристики сигнальных микроконтроллеров фирмы Texas Instruments с оригинальными процессорными ядрами семейств C2000, C5000, C6000 и особенности ARM-ядер. Во второй части более подробно рассматриваются характеристики микроконтроллеров с ARM-ядрами. Даются рекомендации по выбору процессоров для различных категорий аппаратуры.

Ключевые слова: ГНСС, навигация, процессор, спутниковая, DSP, RISC.

PROCESSOR FOR EMBEDDED SATELLITE NAVIGATION RECEIVING EQUIPMENT. PROBLEMS OF CHOICE. PART 2

S. P. Kovita

In the 1st part of the article choice basis and processor critical characteristics for projected embedded receiving modules of mobile satellite navigation equipment have been defined based on the RIRT experience. Characteristics of the Texas Instruments signal microcontrollers with original processor cores of C2000, C5000, C6000 series and features of ARM cores have been considered. In the 2nd part characteristics of ARM cored microcontrollers are considered in details. Recommendations on the processor choice for equipment of different types are given.

Продолжим более детальное рассмотрение микроконтроллеров фирмы Texas Instruments.

Анализ по критерию «энергопотребление-производительность» сигнальных контроллеров фирмы Texas Instruments с ARM-ядрами показывает, что наиболее тщательному анализу следует подвергнуть семейства Stellaris, C2000 Concerto и Hercules.

Микроконтроллеры Stellaris вошли в историю как первые микроконтроллеры с интегрированным 32-битным процессором ARM Cortex-M3 и, несмотря на появление многих конкурирующих решений, остаются лидерами по ряду особенностей и набору периферийных устройств.

Линейка микроконтроллеров Stellaris (Рис. 3) изначально была создана компанией Luminary Micro, которая, несмотря на свое, сравнительно непродолжительное пятилетнее существование в качестве самостоятельной компании, оставила заметный след в мировой электронике, став первым производителем общедоступных микроконтроллеров с интегрированным процессором ARM Cortex-M3. В 2009 году Luminary Micro была поглощена компанией Texas Instruments, которая таким образом смогла в одночасье дополнить цепочку выпускаемых семейств микроконтроллеров недостающим и очень перспективным звеном.

В 2011 году линейка микроконтроллеров семейства Stellaris была дополнена серией LM4F на базе

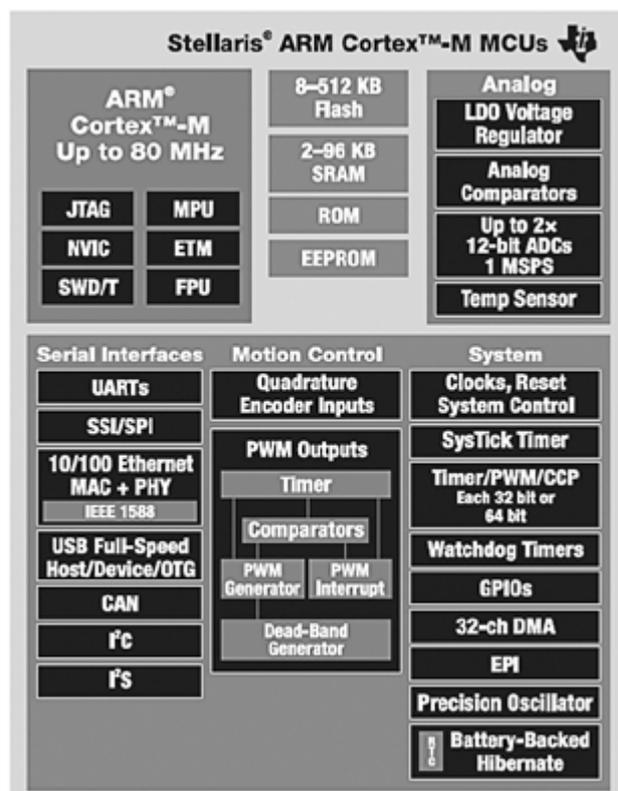


Рис. 3. Структурная схема процессоров семейства Stellaris

¹ В настоящем журнале публикуется вторая часть статьи. Первая часть была опубликована в предыдущем номере журнала.

² С. П. Ковита – ОАО «Российский институт радионавигации и времени», Санкт-Петербург.

вычислительного ядра Cortex-M4, которое для нас представляет наибольший интерес в силу наличия сопроцессора операций с плавающей точкой и ЦСП-расширения.

Все процессоры семейства Stellaris выполнены по единой структурной схеме, которая приведена на рис. 3. Серии процессоров отличаются набором и сочетанием периферийных и интерфейсных устройств, приведенных на схеме. Наибольшая тактовая частота процессоров 80 МГц, обеспечивает производительность 100 MIPS. Встроенная флэш-память достигает 512 кБайт, а ОЗУ 96 кБайт. Максимальная частота обращения к встроенной флэш-памяти 40 МГц. В состав процессоров входят часы реального времени, 32-х канальный DMA и встроенный стабилизатор напряжения 1,2 В.

Ядро Cortex-M4 процессоров серии LM4F потребляет 12 мА (при напряжении 1,2 В – 15 мВт). Полное потребление процессора на частоте 80 МГц при работе от ОЗУ или флэш-памяти составляет 20 или 30 мА со-

Если процессоры семейства Stellaris занимают низшую позицию по производительности при наименьшем энергопотреблении, то семейство двухъядерных процессоров C2000 Concerto на основе сигнального ядра C28x и вычислительного ядра ARM Cortex-M3 относится к процессорам средней производительности при соизмеримом энергопотреблении.

В серии C2000 Concerto, представленной в 2011 году, объединены положительные особенности сигнального ядра C28x и вычислительного ядра Cortex-M3. Объединяя ведущее в отрасли Host ядро и ведущее в отрасли ядро управления, микроконтроллеры Concerto предоставляют лучшее из двух областей в одном устройстве, что упрощает аппаратную и программную разработку, при одновременном сокращении затрат.

Обобщенная структурная схема микроконтроллеров серии Concerto представлена на рис. 4.

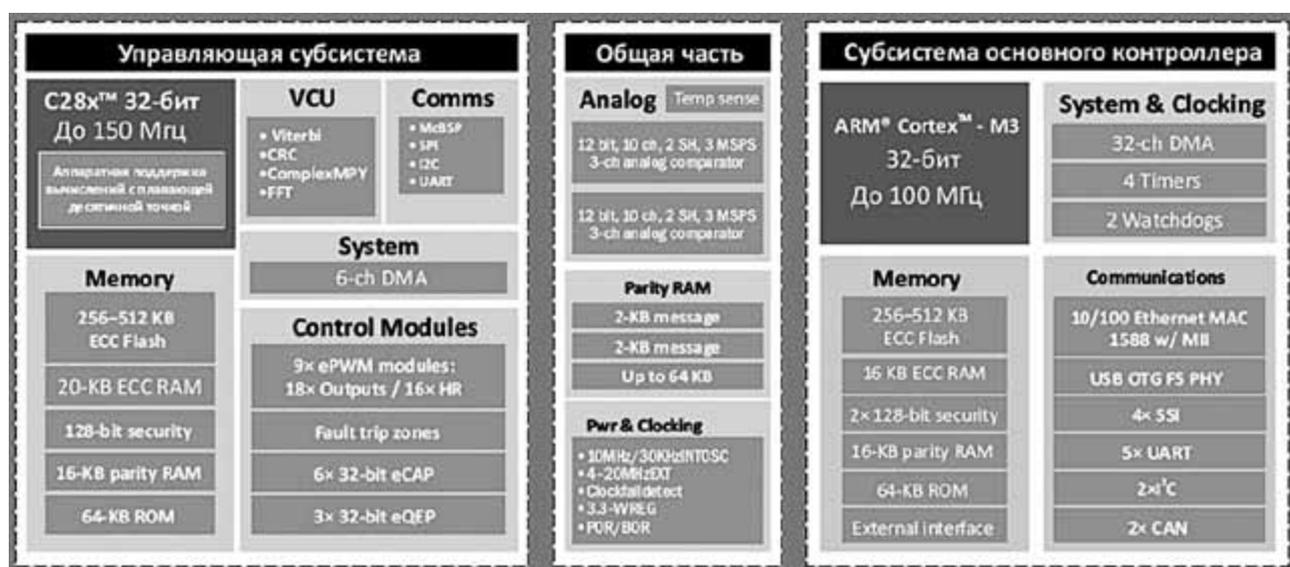


Рис. 4. Микроконтроллеры Concerto

ответственно. Максимальное потребление процессора при включенной периферии составляет 40–50 мА в зависимости от используемой памяти, т. е. 165 мВт от внешнего источника 3,3 В.

Однако, к настоящему времени объем флэш-памяти процессоров серии LM4F не превышает 256 кБайт, а объем ОЗУ при этом не более 32 кБайт.

Серия LM4F семейства Stellaris представляет реальную альтернативу семейству сигнальных процессоров C5000, а при увеличении объема флэш-памяти до 512 кБайт и ОЗУ до 64 кБайт, может оказаться даже предпочтительнее для применения в малогабаритных приемных модулях с батарейным питанием.

Процессоры семейства Stellaris на базе ядра Cortex-M3 менее привлекательны в отношении энергопотребления несмотря на объем флэш-памяти 512 кБайт и ОЗУ 96 кБайт, т. к. их потребление достигает 90 мА от внешнего источника напряжением 3,3 В (300 мВт), т. е. практически в два раза выше.

Приборы в серии различаются по тактовой частоте, объему памяти и составу интерфейсных устройств.

Сигнальное ядро C28x, сохраняя все свои положительные отличия, включая аппаратную поддержку операций с плавающей точкой и ЦСП-расширений, работает на частоте от 60 до 150 МГц, имеет собственный массив памяти из флэш объемом до 512 кБайт и ОЗУ 36 кБайт.

Вычислительное ядро Cortex-M3 работает на тактовых частотах от 60 до 100 МГц и также имеет собственную память – 512 кБайт флэш и 96 кБайт ОЗУ. При этом обеспечивается взаимная доступность этой памяти. Дополнительно в системе имеется общая часть, содержащая аналоговые и управляющие компоненты.

В процессоре предусмотрены меры определения и корректировки ошибок в секторах флэш- и оперативной памяти, имеется встроенная система мониторинга тактовой частоты, встроенные аналоговые компараторы для реализации схем защиты по напряжению

и току, интегрированный высокоскоростной осциллятор, часы реального времени и встроенный регулятор напряжения.

В состав интерфейсных устройств входят USB, SPI, SCI, CAN, I2C, McBSP.

Наиболее полным набором интерфейсных устройств, объемом памяти и максимальной тактовой частотой обладает микроконтроллер F28M35H52C1, являющийся представителем высшего уровня данной серии. Это не исключает возможности применения других микроконтроллеров серии при ограничении тех или иных качеств, но данный прибор содержит все компоненты из рис. 3.

Энергопотребление микроконтроллера на максимальной частоте 150 МГц (C28x), 100 МГц (Cortex-M3) и работающей периферии составляет 217 мА или 716 мВт от источника 3,3 В.

В итоге микроконтроллер F28M35H52C1 представляет собой микро вычислительную систему суммарной производительностью 275 MIPS со встроенной флэш-памятью объемом 1 Мбайт, ОЗУ 128 кБайт, с многоканальным контроллером прямого доступа к памяти (DMA), с аппаратной поддержкой выполнения операций с плавающей точкой и ЦСП-расширений и встроенным регулятором напряжений.

Учитывая наличие встроенной памяти, щадящее энергопотребление и развитую систему динамического энергопотребления, микроконтроллер F28M35x может быть рекомендован для применения в составе малогабаритных модулей с батарейным питанием и в малогабаритных модификациях второй группы модулей с расширенными функциональными возможностями, где не требуется чрезвычайно высокая производительность.

В первом случае применения расчет делается на избыточную производительность двухъядерного процессора при решении типовых навигационных задач и перевод процессора большую часть времени в режим ожидания или останова. Кроме того, непритязательные требования к внешнему интерфейсу позволят

отключить большую часть интерфейсных блоков. В результате можно получить 5–8 кратное сокращение общего энергопотребления.

Во втором случае задействуются неиспользованные ресурсы, за что нужно будет расплачиваться энергопотреблением, но сохраняется преимущество и унификация аппаратуры. Такой подход к проектированию нового поколения малогабаритных приемных модулей представляется весьма перспективным с точки зрения сокращения времени на разработки и экономии производственных ресурсов при проектировании и производстве профессиональной аппаратуры различного функционального назначения.

Следующим по привлекательности является семейство DSP+ARM процессоров Integra, а именно OMAP-L1x, который позиционируется фирмой Texas Instruments как малопотребляющий двухъядерный высокопроизводительный прикладной процессор. Процессоры этого семейства представлены в июле 2009 года, а вариант OMAP-L132 C6-Integra – в августе 2011 года. Он отличается от предшествующих L137 и L138 сокращенной номенклатурой внешних интерфейсов и уменьшенной с 456 МГц до 200 МГц тактовой частотой.

Процессор OMAP-L132 выполнен на основе ядра ARM926EJ-S и DSP-ядра C674x и отличается существенно более низким энергопотреблением по сравнению с другими представителями платформы DSP-процессоров TMS320C6000. Использование двухъядерной архитектуры на основе высокопроизводительных DSP-ядра TMS320C674x и ядра ARM926EJ-S позволяют в полной мере воспользоваться преимуществами технологий DSP и RISC. Структурная схема вычислительного ядра процессора приведена на рис. 5.

Как отмечалось выше, ARM926EJ-S – 32-битное процессорное RISC-ядро, которое исполняет 32- или 16-битные уплотненные инструкции Thumb и обрабатывает 32-, 16- или 8-битные данные. Благодаря применению в ядре конвейеризации, все части процессора и система памяти могут работать непрерывно.

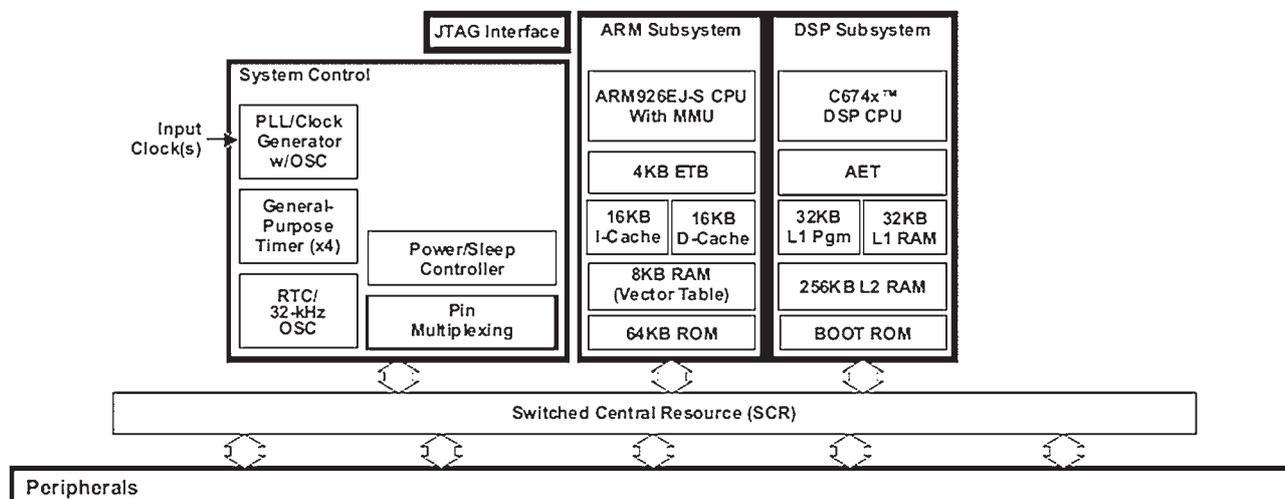


Рис. 5. Функциональная схема вычислительного ядра процессора OMAP-L132

Ядро оснащено сопроцессором управления памятью, а также блоками защиты памяти данных и памяти программ (MMU) с табличными буферами предысторией. В ядре предусмотрена кэш-память данных и кэш-память инструкций объемом по 16 кбайт каждая. Отличительной особенностью ядра ARM926EJ является аппаратный модуль, выполняющий операцию перемножения/ аккумулярования 16×32 за один цикл, дополненный DSP возможностями (ЦСП-расширение) и улучшенным соответствием системам, работающим в реальном времени.

DSP-ядро C674x выполнено по архитектуре VLIW, обеспечивающей выполнение операций с фиксированной и плавающей точкой, с двухуровневой кэш-памятью. Кэш-память инструкций 1 уровня (L1P) имеет объем 32 кбайт и относится к типу direct-mapped, а кэш-память данных 1 уровня (L1D) имеет объем 32 кбайт и относится к типу 2-way set-associative. Кэш-память инструкций 2 уровня (L2P) состоит из пространства памяти размером 256 кбайт, которое распределено между памятью программ и данных. Память L2 также имеет 1024 байт загрузочного ПЗУ. Несмотря на то, что память L2 DSP-ядра доступна для ядра ARM и других host-процессоров системы, предусмотрено дополнительные 128 кБайт ОЗУ общей памяти, доступ к которой со стороны host-процессоров не нарушает характеристик DSP-ядра.

В результате процессор обеспечивает производительность 1600 MIPS (DSP) и 200 MIPS (ARM). Напряжение питания ядра (1,0–1,3) В, периферии – 1,2В, 1,8В и 3,3В. Максимальное энергопотребление серии OMAP-L1x на частоте 456 МГц определено на уровне 600 мА для вычислительного ядра и 400 мА для всех интерфейсных блоков. Учитывая пропорциональную зависимость энергопотребления от тактовой частоты и интенсивность загрузки интерфейсных блоков 1/3, на частоте 200 МГц можно ожидать потребления 300 мА для ядра и 120 мА для периферии, что не противоречит заявленному в презентационных материалах общему потреблению 440 мВт в активном режиме и 15 мВт в режиме ожидания.

Процессор OMAP-L132 имеет в своем составе 16-ти канальный высокоскоростной контроллер прямого доступа к памяти (DMA), два 8/16-ти разрядных интерфейса внешней памяти, часы реального времени с независимым питанием. Внешний интерфейс имеет три конфигурируемых UART модуля, два интерфейса SPI, два интерфейса I2C и два многоканальных буферизированных последовательных порта McBSP с частотой приема/передачи до 50 МГц. Система управления внутрисхемным электропитанием с помощью динамического масштабирования напряжения и частоты (dynamic voltage and frequency scaling – DVFS) позволяет изменять потребление в зависимости от загрузки и имеет множества режимов выключения питания. Все это в сочетании с разработанным компанией TI программным обеспечением для управления питанием позволяет оптимизировать системы по производительности и потребляемой мощности.

Оба вычислительных ядра процессора имеют возможность выполнять ЦСП-инструкции и могут быть подключены к цифровому коррелятору в различных сочетаниях. Например, при подключении к коррелятору ядра ARM, второе ядро может быть полностью сосредоточено на решении системных задач. Напротив, при необходимости обеспечения высокого темпа навигационных определений, к коррелятору может быть подключено DSP ядро, а задачи первичной и вторичной обработки сигналов распределены между ядрами. В такой конфигурации, учитывая производительность DSP ядра 1600 MIPS, можно применить внешний многоразрядный АЦП, упростить схемы радиоприемного устройства и коррелятора, возложив часть функций коррелятора на вычислительные ядра. Возможно также использование одного из ядер в системе фильтрации помех.

Учитывая эти свойства, процессор OMAP-L132 может быть применен для модулей второй группы, где требуется высокая производительность и вычислительные ресурсы. Применение этого процессора в малогабаритных системах ограничено необходимостью установки дополнительных стабилизаторов напряжения и внешней флэш-памяти.

Прочие двухъядерные процессоры семейства Integra серии TMS320C6A816x (представлены в 2010 году) имеют еще более высокую производительность за счет повышения тактовой частоты DSP ядра до 1,5 ГГц (10000 MIPS) и использования в качестве второго ядра ARM Cortex-A8, работающего также на частоте 1,5 ГГц (3000 MIPS). Помимо повышения тактовой частоты ядро Cortex-A8 дополнено мультимедийной архитектурой NEON и может выполнять операции с плавающей точкой. Кроме того, процессоры TMS320C6A816x имеют обширный набор периферийных модулей.

Основная область применения этих процессоров – системы машинного зрения, устройства анализа сигналов, системы управления и слежения. Эти процессоры приведены здесь для характеристики современного предельного уровня DSP процессоров, однако за высокую производительность приходится расплачиваться потреблением (порядка 2 Вт) в режиме максимальной производительности.

Процессоры семейств Sitara и DaVinci на базе ядра ARM также являются высокопроизводительными и энергоемкими, но не имеют решающих для нас преимуществ перед OMAP-L132 по критерию производительность/потребление. Так семейство Sitara, построенное на ядре ARM Cortex-A8, имеет потребление на уровне (1,0–1,5) Вт при тактовых частотах от 300 МГц до 1,5 ГГц, а семейство DaVinci ориентированное на устройства обработки и формирование видеосигналов, имеет потребление на уровне (0,66–2,15) Вт, а также цену (20–60) USD в основном за видео- и медиа-возможности, не используемые в нашем случае. Эти семейства процессоров также не имеют флэш – памяти программ, встроенных стабилизаторов напряжения и часов реального времени.

Семейство микроконтроллеров Hercules является одной из последних разработок (2010–2011 годы) фирмы Texas Instruments, в котором отразился более чем 20 летний опыт фирмы в области обеспечения безопасности и надежного функционирования электронных систем для промышленной и автомобильной техники. Результатом данных исследований и разработок является выпуск микроконтроллерной платформы Hercules Safety Microcontroller Platform, которая представлена тремя сериями на базе ядра ARM Cortex: RM48x, TMS570 и TMS470M (табл. 2). При этом, в отличие от многих микроконтроллеров реализующих функции безопасности программно, микроконтроллеры Hercules реализуют это на аппаратном уровне, обеспечивая тем самым высокие уровни производительности и сокращая программную нагрузку.

микроконтроллера от одного источника 3,3 В. Полное энергопотребление находится на уровне 200 мА.

Для нас более интересны серии RM48x и TMS570, которые являются двухъядерными с архитектурой Lockstep. Технология Lockstep использует дублированные отказоустойчивые вычислительные компоненты, которые обрабатывают одни и те же команды в одно и то же время. При сбое компонента, его дублер функционирует как активный резервный элемент, продолжаящий нормальную работу системы и предотвращающий ее простои.

Особенностью технологии Lockstep является взаимная рассинхронизация ядер, лишь цепи взаимного сравнения результатов вычислений синхронизированы. Обеспечивается независимая подача сигналов тактовых частот к каждому из ядер. Ядра на кристалле физически развернуты и сдвинуты относительно друг

Таблица 2.

Особенности и области применения процессоров Hercules

RM48x	TMS570	TMS470M
Высокопроизводительные микроконтроллеры для промышленных и медицинских приложений	Высокопроизводительные микроконтроллеры для транспортной сферы	Value Line микроконтроллеры для транспортной сферы и систем безопасности
<ul style="list-style-type: none"> промышленные приложения; медицинские приложения; TMS квалифицированные; работоспособность в диапазоне температур от –40 до +105 °С; Ethernet, USB коммуникации; отвечают требованиям стандарта IEC 61508 SIL-3; ядро Cortex-R, производительность 350 DMIPS. 	<ul style="list-style-type: none"> транспортная сфера применения; квалификация для применения в автомобилях; работоспособность в диапазоне температур от –40 до +125 °С; FlexRay, интерфейс CAN; Отвечают требованиям стандартов стандарта IEC 61508 SIL-3 и ISO 26262 ASIL-D; ядро Cortex-R, производительность 280 DMIPS. 	<ul style="list-style-type: none"> транспортная сфера применения; квалификация для применения в автомобилях; работоспособность в диапазоне температур от –40 до +125 °С; интерфейсы LIN, CAN; поддержка функций безопасности по стандарту IEC 61508; ядро Cortex-M, производительность 100 DMIPS.

Все приборы семейства снабжены полностью аппаратной системой самотестирования. Система обнаруживает и исправляет неповторяющиеся аппаратные ошибки, которые могут вызвать сбой в работе ПО. Кроме того, используется флэш-память и ОЗУ большого размера повышенной надёжности со встроенной функцией контроля чётности. Применена специальная защита шины данных и встроенная аппаратная функция самотестирования памяти (PBIST).

Микроконтроллеры серии TMS470M выполнены на ядре Cortex-M3, которое было рассмотрено выше, работающего на частоте 80 МГц. Серия не многочисленна, в состав входят микроконтроллеры с различной вариацией Flash- (до 640 Мбайт) и SRAM (64 Кбайт) памяти и богатым набором коммуникационной периферии. Они отвечают требованиям стандарта IEC 61508 SIL-3, квалифицированы по спецификации AEC-Q100 и предназначены для приложений безопасности и транспортной сферы с минимальными требованиями к производительности. Имеется встроенный регулятор напряжения, обеспечивая электропитание

друга для исключения одинаковых ошибок связанных с физической ориентацией. Применен физический разнос сигнальных шин обоих ядер на кристалле на расстояние не менее 100 микрон. Создан специальный потенциальный защитный контур вокруг каждого из ядер. Встроен специальный модуль для сигнализации об ошибках взаимного сравнения результатов вычислений. В каждом из ядер имеется свой встроенный аппаратный блок самотестирования.

Такие основные функции прибора, как цепи питания, тактовые генераторы, аппаратный рестарт и другие, содержат дополнительные цепи и модули защиты и самодиагностики на аппаратном уровне.

Микроконтроллеры содержат, значительный для приборов своего класса объём памяти типов флэш (до 3 Мбайт) и RAM (до 256 кБайт). Специализированное ядро ARM Cortex-R4F с производительностью не менее 1,6 MIPS/МГц, содержит модуль вычислений с плавающей точкой одинарной и двойной точности, оснащено 8-ми уровневый конвейером и широким набором периферийных устройств, таких как CAN, UART, USB и FlexRay.

Микроконтроллеры отвечают требованиям стандартов ISO 26262 ASIL–D и IEC 61508 SIL–3 (уровень SIL 3 считается наивысшим уровнем устранения риска, достижимым для одной программируемой электронной системы).

Всё это делает данные контроллеры оптимальными для создания приборов, к функционированию которых предъявляются требования высшей надёжности.

Приборы серий RM48x, TMS570 выполнены по единой структурной схеме (рис. 6) и различаются внутри серий объемом памяти и набором периферийных устройств.

Основное отличие между сериями в тактовой частоте – 220 МГц для RM48x и 180 МГц для TMS570, а также наличием в серии TMS570 интерфейса FlexRay – высокоскоростного сетевого протокола для автомобилей, разра-

и высокая производительность позволяют рекомендовать данную серию микроконтроллеров для ответственных навигационных применений в специальной и аэрокосмической области.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ДРУГИХ ФИРМ

Обзор современных микроконтроллеров для перспективных приемных модулей ГНСС несправедливо было бы ограничивать только фирмой Texas Instruments.

Из процессоров с оригинальной архитектурой заслуживает внимания разработка фирмой Atmel семейства микроконтроллеров цифровой обработки сигналов AVR32. Фирма Atmel представляет процессор этого семейства, как первый процессор, архитектура которого разработана

исходя из требований к приложениям 21-го столетия. Особенность процессора – высокопроизводительная обработка данных при малой потребляемой мощности. Фактически, ядро AVR32 выполняет в три раза больше действий за период синхронизации по сравнению с ближайшими конкурентами.

При разработке ядра AVR32 фирма Atmel подала свыше 18 заявок на патентование инновационных способов, использованных для оптимизации архитектуры.

Для нас наибольший интерес представляет серия UC3A (AT32UC3A3x), как завершённая микроконтроллерная система на кристалле, выполненная на основе 66-мегагерцевого RISC-процессора AVR32 с производительностью 1,49 MIPS/МГц.

Процессор содержит блок защиты памяти (MPU) и гибкий программируемый контроллер прерываний, которые поддерживают современные операционные системы реального времени. За счет использования обширного

набора DSP-инструкций можно достигнуть существенного улучшения вычислительной производительности.

Микроконтроллеры AT32UC3Ax содержат встроенную Flash-память объемом до 512 кБайт с тактовой частотой доступа 33 МГц и SRAM, объемом до 128 кБайт, из которых 64 кБайт тесно связанной памяти. Поддерживается возможность подключения внешней памяти. Блок управления электропитанием позволяет повысить гибкость проектирования для достижения требуемых характеристик. Имеется встроенный стабилизатор напряжения. Встроенный супервизор контролирует напряжения питания. Полное энергопотребление составляет 40 мА от источника 3,3 В.

По совокупности характеристик микроконтроллер AT32UC3A3 практически полностью соответствует

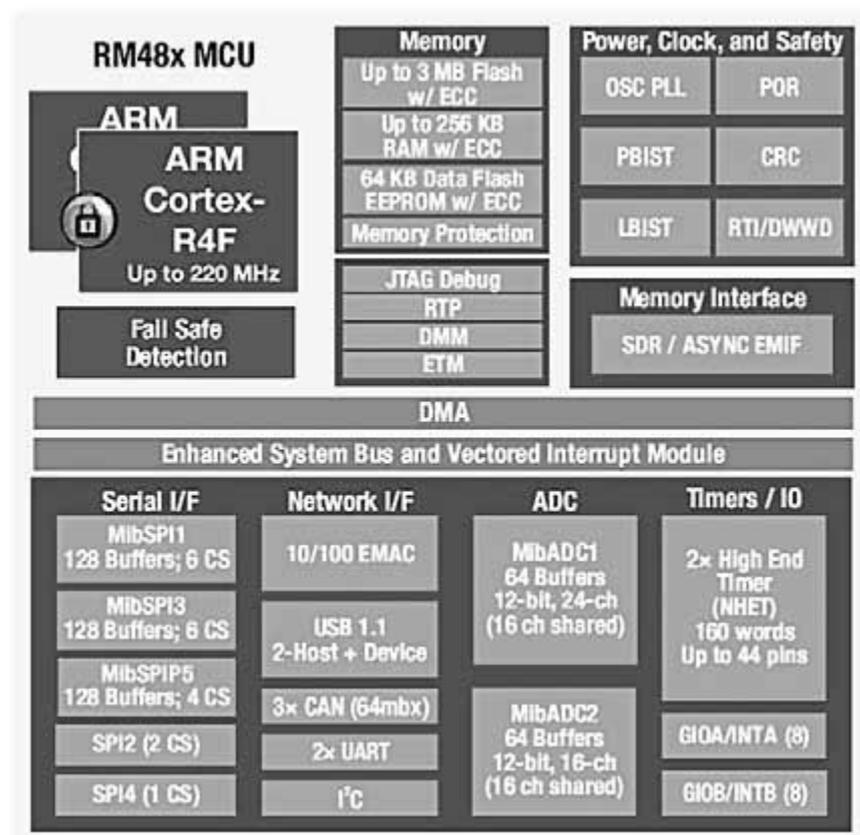


Рис. 6. Структурная схема микроконтроллеров RM48x семейства Hercules

ботанного мировым консорциумом FlexRay. Пропускная способность этого протокола достигает 10 Мбит/с.

Энергопотребление микроконтроллеров RM48x и TMS570 находится практически на одном уровне 400 мА и 350 мА при производительности 350 MIPS и 280 MIPS соответственно. Учитывая эти соотношения, выбор серии RM48x является более предпочтительным. К недостаткам обеих серий можно отнести отсутствие часов реального времени и встроенных стабилизаторов напряжения.

Несмотря на эти недостатки и то, что потребление микроконтроллеров RM48x семейства Hercules находится за гранью выдвинутых нами ограничений, уникальные качества надежности, наличие встроенной флэш-памяти объемом до 3 Мбайт, ОЗУ до 256 кБайт

требованиям к процессору для малогабаритной аппаратуры с батарейным питанием. Однако отрицательное решение по выбору определяется отсутствием решающих преимуществ перед ARM-процессорами и производительностью за пределами допустимого – 91 MIPS.

Фирма Atmel производит также микроконтроллеры на основе ARM ядер, в том числе Cortex-M3 – семейство AT91SAM с тактовой частотой 100 МГц. К отличительным особенностям этого семейства можно отнести большой объем памяти – 1024 кБайт флэш и 128 кБайт ОЗУ.

В целом характеристики процессоров фирмы Atmel более ориентированы на микроконтроллерные законченные системы на кристалле, но решающих преимуществ для применения во всех трех видах аппаратуры не имеют.

Перспективу в применении ядра ARM видит и компания STMicroelectronics, выпустив в 2007 году серию микроконтроллеров со встроенной флэш-памятью STM32F на базе ядра Cortex-M3. Фирма планирует также представить микроконтроллеры на основе ядра Cortex-M4.

По этому же пути идут и отечественные разработчики электронной техники. Так фирма «Миандр» в 2010 году представила серию 32-х разрядных микроконтроллеров 1986BE9x на базе ядра Cortex-M3 с тактовой частотой 80 МГц. Процессор имеет производительность 100 MIPS, встроенную флэш-память объемом 128 кБайт, ОЗУ объемом 32 кБайта, регулятор напряжения питания ядра, часы реального времени. Обеспечивается умножение многоразрядных слов за один цикл и имеется аппаратную реализацию операции деления. Максимальное потребление составляет 120 мА от напряжения 3,6 В. Набор интерфейсных блоков включает USB, UART, CAN, SPI, I2C. Словом процессор имеет вполне современные характеристики для приборов на основе ядра ARM Cortex-M3. Появление этого отечественного семейства является сильным аргументом в пользу выбора перспективного процессора на основе или с использованием ядра ARM.

Также на рынке широко представлены сигнальные процессоры семейства Blackfin фирмы Analog Devices, каждое поколение которых отличается более высоким быстродействием, меньшей потребляемой мощностью и меньшей стоимостью. Минимальная потребляемая мощность сигнальных процессоров фирмы составляет 0,23 мВт/МГц в диапазоне частот от 200 МГц до 756 МГц, что находится на уровне ARM7DTM1-S (0,28 мВт/МГц), но хуже Cortex-M3 (0,19 мВт/МГц).

В начале 2010 года фирма объявила о выпуске двух новых серий 32-разрядных сигнальных процессоров с плавающей запятой семейства SHARC с встроенной

памятью емкостью 630 кБайт – ADSP-2147x и ADSP-2148x. Процессоры этой серии пригодны для применения в системах высокоточной обработки звука, домашних кинотеатрах, а также в «продвинутом» промышленном оборудовании. Потребляемая мощность сигнальных процессоров серии ADSP-2147x составляет 363 мВт на тактовой частоте 266 МГц. Они перспективны для применения в портативном оборудовании, но опять же не имеют решающих преимуществ перед ARM-процессорами.

Очень привлекательным представляется семейство LPC4000 фирмы NXP Semiconductors (бывший Philips Semiconductors). Фирма одной из первых приобрела лицензии на использование новых процессорных ядер Cortex-M0/M3/M4 и уже в 2010 году выпустила первые двухъядерные процессоры серии LPC4300, первой в мире асимметричной двухъядерной архитектуры сигнальных контроллеров на базе процессоров ARM Cortex-M4 и Cortex-M0.

Эта архитектура призвана удовлетворить потребности разработчиков микроконтроллерных приложений, нуждающихся в более эффективных способах обработки алгоритмов, требующих сложных математических вычислений, так и DSP-разработчиков, испытывающих ограничения со стороны периферийных устройств.

Структурная схема микроконтроллеров серии LPC4300 с полным набором интерфейсных блоков приведена на рис. 7.

Выше уже подчеркивались такие привлекательные для нас особенности ядра Cortex-M4, как поддержка DSP расширений и операций с плавающей точкой.

Процессорное ядро Cortex-M0 (представлено в 2009 году), являясь полноценным вычислительным устройством, снимает нагрузку по передаче данных и выполнению задач ввода-вывода с ядра Cortex-M4, высвобождая его пропускную способность. Это позволяет полностью сконцентрировать Cortex-M4 на математических

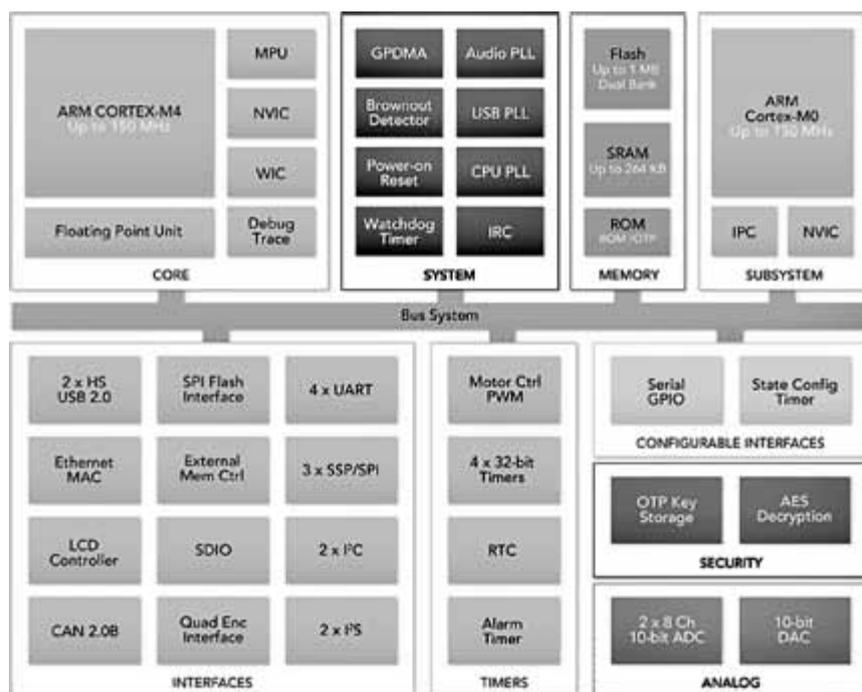


Рис. 7. Структурная схема сигнального контроллера LPC4300

вычислениях для задач обработки цифровых сигналов. Удельное энергопотребление ядра Cortex-M0 составляет 85 мкВт/МГц или 9 мВт на частоте 150 МГц.

Асимметричная двухъядерная архитектура обеспечивает разработчикам возможность снижения энергопотребления, себестоимости и упрощения конфигурации систем за счёт использования однопипового решения, а также упрощает задачи логического разделения программного обеспечения.

Для нас наиболее предпочтительными являются процессоры LPS4317 / 27 не имеющие и имеющие блок USB, без блоков Ethernet, LCD и SD/MMC, но с объемом флэш-памяти 1024 кБайт и ОЗУ 136 кБайт. Состав микроконтроллера включает встроенный регулятор напряжения ядра, часы реального времени со сверхнизким энергопотреблением с генератором и 256 байтами резервных регистров с питанием от батареи, ПЗУ объемом 32 кБ для хранения загрузочного кода и встроенных программных драйверов, восьмиканальный контроллер прямого доступа к памяти общего назначения (GPDMA), программируемые таймеры и интерфейсные блоки CAN, SPI, UART, I2C, I2S. Тактовая частота 150 МГц. Энергопотребление ядра процессорной системы 40 мА от источника питания 3,3 В.

Сочетание всех этих характеристик в одном кристалле позволяет рекомендовать микроконтроллер LPC4317 для применений в составе малогабаритных приемных модулей широкого применения и для аппаратуры с расширенными функциональными возможностями второй группы со средней производительностью.

ВЫВОДЫ

Сведем в табличную форму результаты производственного обзора и анализа для сравнения с требуемыми характеристиками (табл. 3).

Сравнение характеристик процессоров TMS320C5515 и LM4F (Stellaris) позволяет сделать вывод, что более предпочтительным для малогабаритной аппаратуры с батарейным питанием является процессор LM4F (Stellaris). Производительность этих процессоров соизмерима, т. к. TMS320C5515 оперирует 16-ти разрядными данными, а LM4F 32-х разрядными. Энергопотребление процессоров также находится на одном уровне, т. к. несмотря на меньшее потребление ядра, для работы TMS320C5515 требуется внешняя память программ, что потребует активизации внешних шин обращения к памяти и питания самой памяти. Наличие встроенной быстродействующей флэш-памяти и является основным достоинством и причиной преимущества процессора LM4F (Stellaris) фирмы Texas Instruments. Однако следует сразу оговориться, что реализовать преимущество процессора LM4F можно только после тщательной отработки и оптимизации программного обеспечения, т. к. встроенная флэш-память ограничена 256 кБайтами. Уменьшению объема кодов программы должна способствовать уплотненная система команд Trumb-2, используемая в ядре Cortex-M4 процессора LM4F.

Еще одним аргументом в пользу LM4F является невозможность использования всех аппаратных достоинств архитектуры TMS320C5515, направленных на обработку сигналов, в силу недостаточного быстродействия. Опыт

Таблица 3.

Сравнительные характеристики перспективных процессоров

Параметр	Требование	Тип процессора					
		TMS320C5515	LM4F (Stellaris)	LPC4317 (NXP)	F28M35x (Concerto)	OMAP-L132	RM48Lx (Hercules)
Тип ядра	-	C55	Cort-M4	Cort-M4 Cort-M0	C28x Cort-M3	C674x ARM9E	Cort-R4F Cort-R4F
Тактовая частота, МГц	80–500	120	80	150	150 100	200	220
Разрядность, бит	32	16	32	32	32	32	32
Производительность, MIPS	100–1000	120	100	200	275	1600 200	350
Операции с плавающей точкой	+	-	+	+	+	+	+
Часы реального времени	+	+	+	+	-	+	-
Флэш-память, кБ	512–2048	-	256	1024	1024	-	3096
ОЗУ, кБ	64–256	320	32	136	128	480	256
DSP-расширения	+	+	+	+	+	+	+
Стабилизатор напряжения ядра	+	+	+	+	+	-	-
Потребляемая мощность ядра, мВт	100–500	66	80	100	180	440	600

При составлении таблицы учтены следующие обстоятельства:

- все рассматриваемые процессоры имеют многоканальные контроллеры прямого доступа к памяти, систему энергосбережения и интерфейс внешней памяти, поэтому они исключены из таблицы;
- наличие аппаратных умножителей-сумматоров, ускорителей преобразования Фурье, декодеров Витерби и матричных операций объединены под общей рубрикой DSP-расширения;
- оценки потребляемой мощности ядра произведены с учетом встроенного стабилизатора напряжения (при его наличии). Мощность, потребляемая интерфейсными блоками, исключена из рассмотрения, предполагая ее одинаковой для всех процессоров.

предыдущих разработок, и не только ОАО «РИРВ», говорит о том, что при использовании аналогичных по производительности процессоров, предварительную обработку сигналов ГНСС приходится делать внешними аппаратными средствами в цифровом корреляторе. Таким образом, с учетом отмеченного ограничения по объему кодов программы, остановим свой выбор на процессоре LM4F.

Сравнивая этот процессор с LPC4317 фирмы NXP (Philips), видим, что последний обладает вдвое большей производительностью при несколько большем энергопотреблении (100 мВт против 80 мВт от источника напряжения 3,3 В). При этом возможный избыток производительности может быть трансформирован в экономию энергопотребления.

Оба процессора имеют в составе ядро Cortex-M4 с возможностью выполнения операций с плавающей точкой и прочими, отмеченными выше, достоинствами, относительно применяемого в модулях предыдущего поколения ядра ARM9E. Однако процессор LPC4317 является двухъядерным, что упрощает задачи логического разделения программного обеспечения и применения операционных систем реального времени. Еще одним бесспорным достоинством процессора LPC4317 является большой объем флэш-памяти (1024 кБ).

Подводя итог сравнения процессоров для малогабаритной аппаратуры, можно сделать вывод о целесообразности выбора процессора LPC4317 фирмы NXP.

Для аппаратуры второй группы с расширенными функциональными возможностями рекомендуются два процессора — F28M35x Concerto и OMAP-L132 фирмы Texas Instruments.

Однако, более пристальное рассмотрение характеристик процессора F28M35x позволяет сделать вывод, что он весьма близок к, рассмотренному выше, процессору LPC4317, обладая несколько большей производительностью (275 MIPS против 200 MIPS) и большим энергопотреблением — 180 и 100 мВт соответственно, при прочих

равных условиях. Столь незначительное преимущество по производительности не может быть решающим условием для рекомендации его в более высокой категории аппаратуры. Для нижней по производительности категории второй группы аппаратуры может подойти и процессор LPC4317 с расширенным объемом внешней памяти.

Другое дело — процессор OMAP-L132. Несмотря на существенно большее энергопотребление (440 мВт), отсутствие встроенной флэш-памяти и не самое прогрессивное ядро ARM9E, этот процессор обладает уникальной производительностью сигнального ядра C674x и ОЗУ большого (480 кБ) объема. Благодаря этим особенностям процессор позволяет полностью воспользоваться возможностями сигнального ядра, сократить объем аппаратного коррелятора и перейти к новым программным методам обработки сигналов ГНСС. С другой стороны, с прежним коррелятором, появляются огромные вычислительные возможности для построения комплексированной аппаратуры или для решения конечных прикладных задач.

Энергопотребление не позволяет рекомендовать процессор OMAP-L132 для малогабаритной аппаратуры с батарейным питанием, но для профессиональной и специальной мобильной аппаратуры это очень хороший выбор.

Наконец о третьей группе аппаратуры.

Процессор RM48Lx Hercules фирмы Texas Instruments, благодаря своей архитектуре Lockstep, большому объему памяти и прогрессивному ядру Cortex-R4F, является отличным выбором для высоконадежной аппаратуры и систем автомобильного, морского и аэрокосмического применения, где показатели надежности и достоверности навигационных определений являются критическими.

Более подробные сведения о рассмотренных процессорах и особенностях их применения можно получить из цитируемой литературы.

ЛИТЕРАТУРА

1. В России можно создавать современные микросхемы. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2011, № 5.
2. Двухъядерные микроконтроллеры Cortex-M4/M0 от NXP. Первые ласточки. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2010, № 8.
3. Использование многоядерных процессоров для многопоточных задач высококачественной видеобработки на базе кодека H.264. — *Компоненты и технологии*. 2008, № 7.
4. Королев Н., Шабынин А. ARM — микроконтроллеры Atmel: аппаратные средства разработчика. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2007, № 6.
5. Новоселов А. Микроконтроллеры серии 1886 для аппаратуры специального назначения. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2007, № 6.
6. Павлов П. Многопроцессорная революция на рынке встраиваемых систем. — *Современная электроника*. 2008, № 2.
7. Пономарев В. Новые микроконтроллеры фирмы STMicroelectronics на базе ядра ARM Cortex-M3. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2007, № 6.
8. Процессоры компании TI на базе технологии ARM. Руководство по выбору. 2011, www.ti.com/ru.
9. Романова И. Микроконтроллеры фирмы Atmel. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2007, № 6.
10. Романова И. Микроконтроллеры. Новые решения Atmel для промышленного применения. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2011, № 5.
11. Функ Б., Качински Т., Ионеску К. Микроконтроллеры LPC1100: высокая производительность и низкое энергопотребление. — *Электроника: наука, технология, бизнес*. 2011, № 5.
12. 1986BE93. Высокопроизводительный 32-битный микроконтроллер на базе ядра ARM Cortex-M3. — www.gaw.ru.
13. Selection Guide: TI embedded processors based on ARM technology. 2011, www.ti.com/arm.
14. www.analog.com
15. www.gaw.ru
16. www.atmel.com
17. www.nxp.com
18. www.ti.com



УДК 656.7.022

АППАРАТУРА ЛЁТНОГО КОНТРОЛЯ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ СРЕДСТВ КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ ДОПОЛНЕНИЙ И КАК ПОТРЕБИТЕЛЬ ГНСС

Е.Б. Горский, С.Н. Сабуров, А.В. Старых¹

Рассматриваются задачи обеспечения развития перспективных аэронавигационных средств гражданской авиации России в соответствии с современными международными стандартами в совокупности с использованием ГНСС.

Ключевые слова: ГНСС, АЗН-В, ЛККС, лётный контроль, проверки, радионавигационные средства, траектория, измерения, конечный участок, заход на посадку, параметры, нормы.

FLIGHT INSPECTION EQUIPMENT FOR RADIO NAVIGATION AIDS AS A MEANS OF CONTROL AND ADDITIONS AS GNSS CONSUMER

E.B. Gorskiy, S.N. Saburov, A.V. Starykh

The challenge of development of advanced radio navigation aids of Russian civil aviation, in accordance with current international standards, coupled with the use of GNSS considered.

Введение

В последние годы в России интенсивно разрабатывается и внедряется оборудование для навигации и посадки воздушных судов (ВС) с использованием Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) – перспективные аэронавигационные средства. Современные международные Стандарты (ИКАО) [1] устанавливают жёсткие требования к точности аэронавигационных средств. Для контроля их точности международные Стандарты и российская нормативная база Единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД) требуют применения их наземного и лётного контроля, т. е. периодического подтверждения качества навигационной информации, предоставляемой потребителям – ВС и службам ОрВД [2]. При этом аппаратура лётного контроля (их системы траекторных измерений) так же использует ГНСС, т. е. является её потребителем.

1. Создание лабораторной базы для исследований и испытаний перспективных аэронавигационных средств

И в мировой практике, и в России обеспечение единообразия, т. е. – качества, организации и обслуживания воздушного движения отнесено к важной составляющей обеспечения безопасности и регулярности полётов гражданской авиации. Нормативными документами ИКАО отмечается необходимость принятия эффективных мер по обеспечению единообразия (качества) аэронавигационных сигналов. Важнейшей составляющей принимаемых мероприятий является создание лабораторной базы по лётным проверкам перспективных аэронавигационных

средств: разработка нормативных документов по лётному контролю аэронавигационных средств и сертификации аппаратуры лётного контроля (на первом этапе) и создание и внедрение аппаратуры лётного контроля (второй этап).

Учитывая приоритет международных стандартов в организации воздушного движения гражданской авиации, важнейшей задачей разработки новой нормативной базы является гармонизация национальных нормативных документов с международными стандартами и применяемой практикой. В рамках поставленных целей в гражданской авиации (ГА) РФ уже проведены следующие работы [3,4]:

- разработаны требования к лётным проверкам локальных контрольно-корректирующих станций (ЛККС) и средств автоматического зависимого наблюдения – вещательного (АЗН-В). В рамках данных исследований:
- проведён анализ международных стандартов и существующей практики в части лётных проверок ЛККС и систем АЗН-В;
- проведён анализ характеристик ЛККС, АЗН-В и определён перечень параметров, влияющих на достоверность информации, используемой потребителями и подлежащих лётному контролю в ГА РФ;
- разработаны требования к лётным проверкам ЛККС и АЗН-В;
- внесены изменения в действующие Федеральные авиационные правила по лётным проверкам в части ЛККС и АЗН-В (Приказ Минтранса РФ от 18.01.2005 № 1).

¹ Е.Б. Горский - eugene23288@mail.ru, С.Н.Сабуров - snsaburov@mail.ru, А.В. Старых – ФГУП «ГосНИИ «Аэронавигация»

2. Современные системы траекторных измерений

Нормирование точности аэронавигационных средств в пространстве определяет требования к применяемым системам траекторных измерений. Чтобы получить характеристики линии курса/глиссады системы посадки (типа ILS, GBAS или ИЛС, ЛККС – в ГА РФ) или пеленга радионавигационного средства (типа VOR/DME или PMA/РМД – в ГА РФ) нужно с достаточной точностью знать все три координаты средства измерения (воздушного судна с аппаратурой лётного контроля) в проверяемом пространстве.

Современные системы траекторных измерений (СТИ), применяемые при лётном контроле в гражданской авиации, как правило, бывают двух типов: оптические (ОСТИ) и спутниковые (ССТИ). Оптические СТИ – до недавнего времени это самые распространённые и самые точные СТИ. Их существенными ограничениями являются – малая рабочая дальность (до 20 км), зависимость от погодных условий и очень большая сложность измерения дальности

до воздушного судна-лаборатории (ВСЛ). В результате этого ОСТИ самостоятельно не обеспечивают оценку точности аэронавигационных средств в соответствии с современными требованиями ИКАО.

Оптимальным выходом из сложившейся сложной ситуации с обеспечением современных международных требований – является применение спутниковых СТИ (ССТИ). ССТИ это СТИ, использующие в качестве основы Глобальную навигационную спутниковую систему (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS/GALILEO (рис. 1). Для улучшения точности ГНСС в спутниковой СТИ применяют специализированные дополнения – станции поправок (СП). Необходимо сразу оговориться, что СП нельзя путать с ЛККС (GBAS) и т.п., т.к. они (СП) решают исключительно измерительные задачи, которые во многом противоположны задачам обеспечения посадки ВС. Хотя принципы построения СП и ЛККС аналогичны – применение специализированных наземных дополнений.

ССТИ может работать в стандартном (бездифференциальной коррекции), в дифференциально-кодовом

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

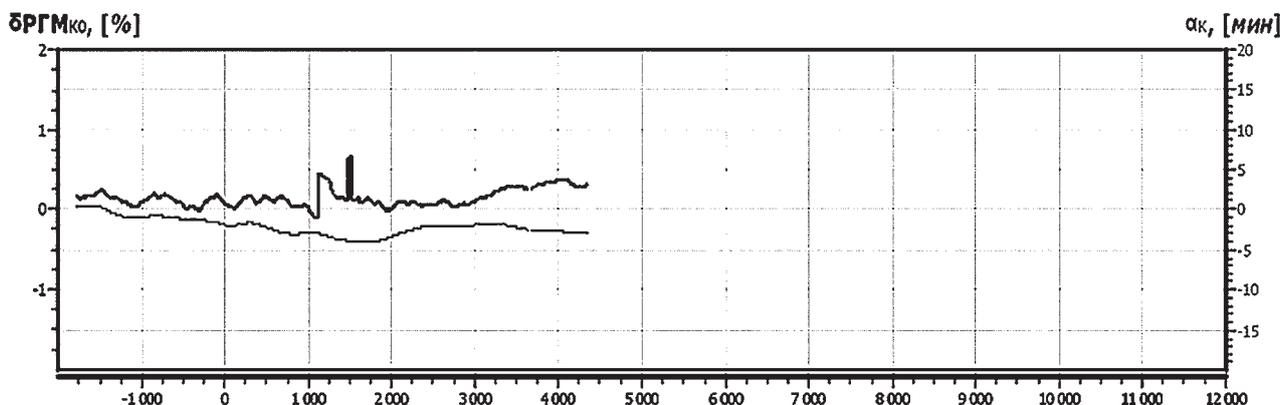
Дата, время ЛП: 13.08.2011, 11:58:25 UTC

Комплекты: КРМ-1, ГРМ-1, МРМ-1.

Вид полёта: КРМ по 0

Параметры: 10 (кат.), 5к, 3Дм.

1. График отклонений линии курса (БРГМко) и траектории полёта ВСЛ



Примечание. Система траекторных измерений: Спутниковая СТИ (диф.режим с фазовой синхронизацией - RTK); состав: [ДФС:96%, ДКС:0%, Стд:0%].

2. График коэффициентов амплитудной модуляции сигнала КРМ составляющими 90 и 150 Гц (КАМк90, КАМк150)

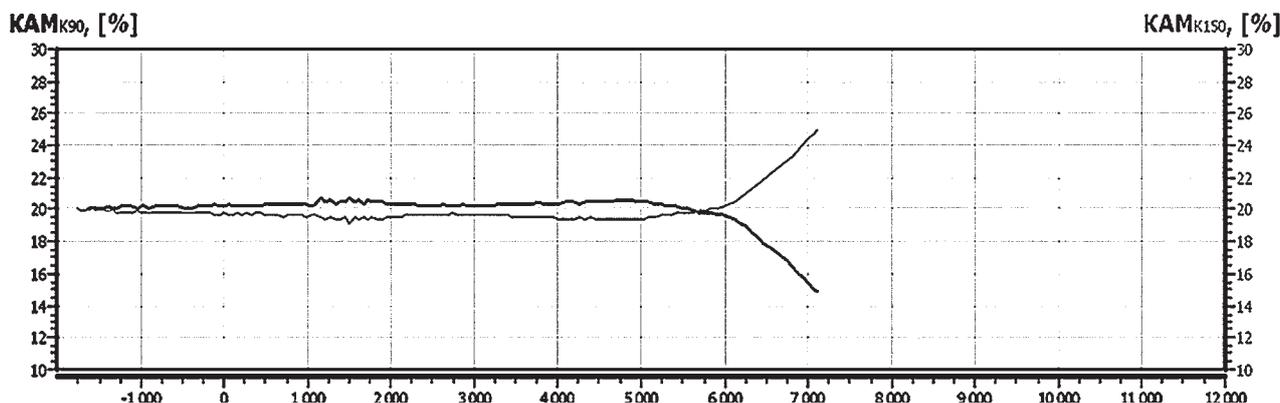


Рис. 1. Результаты измерений параметров ИЛС

режиме с коррекцией псевдодалностей и в дифференциально-фазовом режиме с разрешением фазовой неоднозначности. Дифференциальный режим – технический приём, основанный на сильной пространственно-временной корреляции значительной части погрешностей ГНСС.

СП ССТИ в противоположность ЛККС не решает задачи навигационного обеспечения захода на посадку, а является средством эталонирования. Поэтому она может основываться на других принципах и протоколах. Так, для оценки характеристик РМС III категории ССТИ должна обеспечивать измерения с субметровой погрешностью с вероятностью 0,95. Таким образом, для ССТИ, в отличие от аэронавигационного применения ГНСС, целостность информации является второстепенной оценкой, так как в случае лётных проверок пилотирование производится по другим средствам или визуально. Аналогично, непрерывность обслуживания и эксплуатационная готовность влияют

не на безопасность полётов, а на возможность использования результатов измерения траектории.

Применение ССТИ в гражданской авиации России началось с 2003 г. В этом году был принят на оснащение гражданской авиации новый тип АСЛК – комплекс АСЛК-Н, использующий для оценки траектории ВСЛ спутниковую СТИ в стандартном, дифференциально-кодовом и дифференциально-фазовом режимах (Письмо ФАВТ Минтранса РФ от 31/01/2005 № 1.15-2ФАВТ). Вместе с тем, основным рабочим режимом был дифференциально-кодовый. Дифференциально-фазовый режим на тот момент был достаточно нестабильным и его полнофункциональной работы удалось добиться только на следующем поколении АСЛК с 2009 г. Существенным достижением в этой связи является выполнение лётной проверки в 2011 г. с использованием ССТИ в дифференциально-фазовом режиме по ГНСС ГЛОНАСС – рис. 1 и рис. 2.

Таким образом, аппаратура лётного контроля стала не только средством контроля аэронавигационных

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

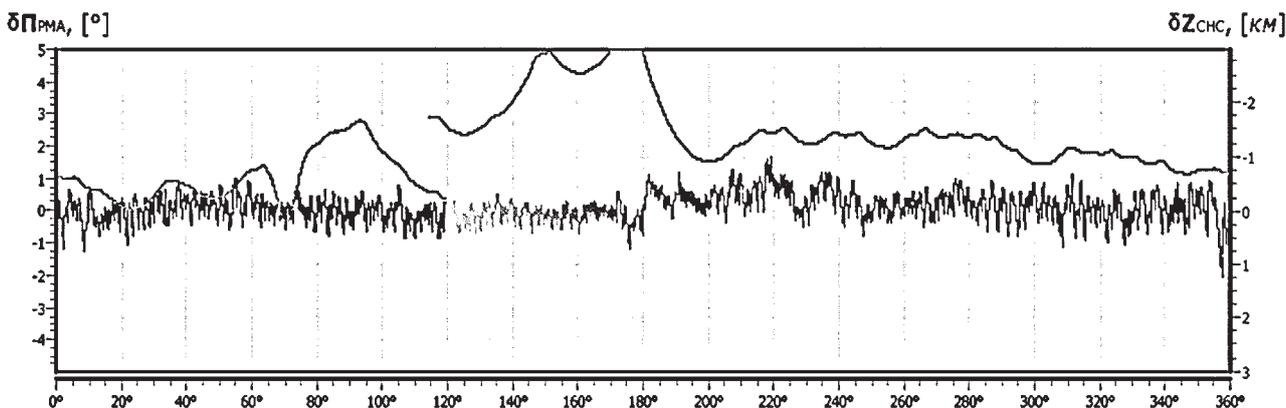
Дата, время ЛП: 24.08.2012, 10:50:48 UTC

Комплекты: РМА-1, РМД-1.

Вид полёта: Орбита

Параметры: "по часовой стрелке", радиус орбиты 30,0 км.

1. График отклонений пеленга РМА (δP_{RMA}) и траектории полёта ВСЛ в горизонтальной плоскости ($\delta Z_{СНС}$)



Примечание. Система траекторных измерений: Спутниковая СТИ (стандартный режим); состав: [ДФС:0%, ДКС:0%, Стд:100%].

2. График коэффициентов амплитудной модуляции сигнала опорной и переменной фаз РМА (KAM_{Per} , $KAM_{Oпор}$)

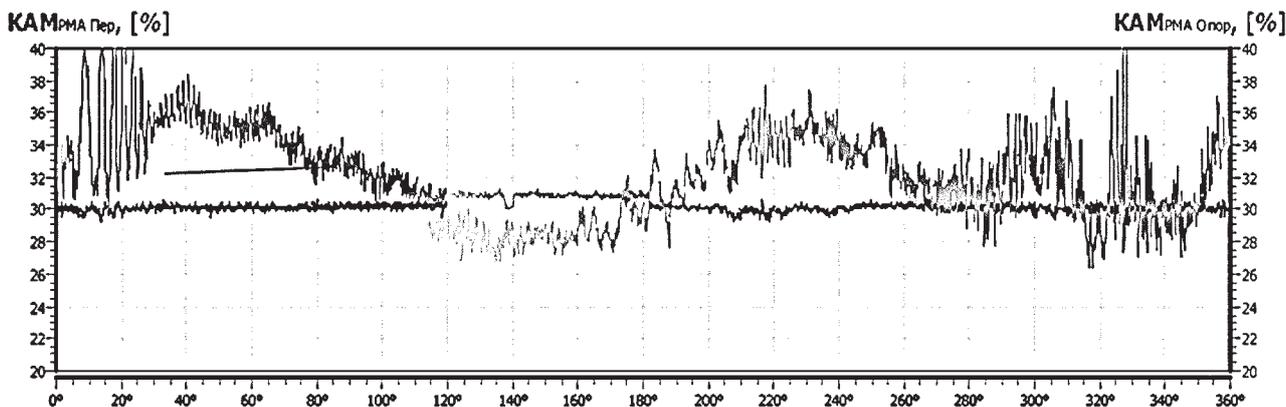


Рис.2. Результаты измерений параметров РМА

средств (включая и перспективные), но и потребителем, подтверждающим способность функционирования ГНСС ГЛОНАСС в самом точном на сегодня режиме эксплуатации.

Современные ССТИ, допущенные к использованию в гражданской авиации России (СП СНС), имеют высокую точность и стабильность измерений. Точностные характеристики СП СНС настолько высоки, что практически не вносят погрешности в общую погрешность измерения даже с использованием специальных приёмников (погрешность СП

СНС примерно на порядок меньше). Косвенно высокую точность и стабильность измерений траектории можно оценить по графикам рис. 1 и рис. 2. Даже визуально видна гладкость полученной траектории – отсутствие скачков, ступенек, разрывов (т. е. стабильность измерений) при её существенных колебаниях (т. е. отражение действительных значений эволюции ВСЛ с АСЛК). Получены практические результаты работы ССТИ как по совмещённой группировке ГЛОНАСС/GPS, так и отдельно по системам ГЛОНАСС и GPS.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь», Том I «Радионавигационные средства», Международная организация гражданской авиации; издание шестое с поправками 1...84 (19/11/2009), 2006.
2. Клещинов М.В., Никушенко С.П., Сабуров С.Н., Синельников В.В. «Создание аппаратуры лётного контроля для исследований и испытаний аэронавигационных дополнений ГНСС ГА РФ», Научный вестник ФГУП «ГосНИИ «Аэронавигация». - М.: ФГУП «ГосНИИ «Аэронавигация», 2012, № 11.
3. Дос 8071 «Руководство по испытаниям радионавигационных средств», Том I «Испытания наземных радионавигационных систем», Международная организация гражданской авиации; издание четвёртое, 2000.
4. Дос 8071 «Руководство по испытаниям радионавигационных средств», Том II «Испытания спутниковых радионавигационных систем», Международная организация гражданской авиации; издание пятое, 2007.



СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КА ГЛОНАСС НА 21.12.2012 г.

(по анализу альманаха от 12:00 21.12.12 (UTC) и текущих эфемеридных сообщений, принятых в ИАЦ)

№ точки	№ пл.	№ лит.	№ КУ	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		36,3	+	+ 17:3121.12.12	Используется по ЦН
2	1	-4	728	25.12.08	20.01.09		47,9	+	+ 17:3021.12.12	Используется по ЦН
3	1	05	744	04.11.11	08.12.11		13,6	+	+ 17:3121.12.12	Используется по ЦН
4	1	06	742	02.10.11	25.10.11		14,7	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
5	1	01	734	14.12.09	10.01.10		36,3	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
6	1	-4	733	14.12.09	24.01.10		36,3	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
7	1	05	745	04.11.11	18.12.11		13,6	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
8	1	06	712	26.12.04	07.10.05	22.11.12	95,9	-	- 17:3021.12.12	Временно выведен
9	2	-2	736	02.09.10	04.10.10		27,6	+	+ 15:4521.12.12	Используется по ЦН
10	2	-7	717	25.12.06	03.04.07		71,9	+	+ 17:1521.12.12	Используется по ЦН
11	2	00	723	25.12.07	22.01.08		59,9	+	+ 17:3121.12.12	Используется по ЦН
12	2	-1	737	02.09.10	12.10.10		27,6	+	+ 17:3121.12.12	Используется по ЦН
13	2	-2	721	25.12.07	08.02.08		59,9	+	+ 17:3021.12.12	Используется по ЦН
14	2	-7	715	25.12.06	03.04.07		71,9	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
15	2	00	716	25.12.06	12.10.07		71,9	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
16	2	-1	738	02.09.10	11.10.10		27,6	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
17	3	04	746	28.11.11	23.12.11		12,8	+	+ 16:1521.12.12	Используется по ЦН
18	3	-3	724	25.09.08	26.10.08		50,9	+	+ 17:1521.12.12	Используется по ЦН
19	3	03	720	26.10.07	25.11.07		61,9	+	+ 17:3121.12.12	Используется по ЦН
20	3	02	719	26.10.07	27.11.07		61,9	+	+ 17:3121.12.12	Используется по ЦН
21	3	04	725	25.09.08	05.11.08		50,9	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
22	3	-3	731	02.03.10	28.03.10		33,7	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
23	3	03	732	02.03.10	28.03.10		33,7	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
24	3	02	735	02.03.10	28.03.10		33,7	+	+ 15:5921.12.12	Используется по ЦН
21	3	-5	701	26.02.11			21,8			На этапе ЛИ
14	2		722	25.12.07	25.01.08	12.10.11	59,9			Орбитальный резерв
2	1		743	04.11.11	20.09.12	17.10.12	13,6			Орбитальный резерв
17	3		714	25.12.05	31.08.06	19.12.11	83,9			Орбитальный резерв
8	1		729	25.12.08	12.02.09	10.09.12	47,9			КА на исслед. Гл. конструктора

Всего в составе ОГ ГЛОНАСС 29 КА. Используются по целевому назначению 23 КА. Временно выведены на техобслуживание 2 КА. Орбитальный резерв 3 КА. На этапе летных испытаний 1 КА.

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

СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КНС GPS НА 21.12.12 г. по анализу альманаха, принятого в ИАЦ

№ пл.	№ точки	№ ПСП	Номер NORAD	Тип КА	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Акт. сущ. (мес)	Примечания
А	1	9	22700	II-A	26.06.93	20.07.93		231,8	
	2	31	29486	II-R-M	25.09.06	13.10.06		74,3	
	3	8	25030	II-A	06.11.97	18.12.97		179,2	
	4	7	32711	II-R-M	15.03.08	24.03.08		56,9	
	5	24	38833	II-F	04.10.12	14.11.12		1,2	
В	1	16	27663	II-R	29.01.03	18.02.03		117,9	

B	2	25	36585	II-F	28.05.10	27.08.10		27,8	
	3	28	26407	II-R	16.07.00	17.08.00		148,2	
	4	12	29601	IIR-M	17.11.06	13.12.06		72,1	
	5	30	22779	II-A	30.08.93	28.09.93		198,5	
C	1	29	32384	IIR-M	20.12.07	02.01.08		59,6	
	2	3	23833	II-A	28.03.96	09.04.96		199,1	
	3	19	28190	II-R	20.03.04	05.04.04		104,5	
	4	17	28874	IIR-M	26.09.05	13.11.05		84,1	
	6	6	23027	II-A	10.03.94	28.03.94		224,0	
D	1	2	28474	II-R	06.11.04	22.11.04		96,9	
	2	1	37753	II-F	16.07.11	14.10.11		14,3	
	3	21	27704	II-R	31.03.03	12.04.03		116,2	
	4	4	22877	II-A	26.10.93	22.11.93		229,0	
	5	11	25933	II-R	07.10.99	03.01.00		155,6	
E	1	20	26360	II-R	11.05.00	01.06.00		150,5	
	2	22	28129	II-R	21.12.03	12.01.04		107,3	
	3	5	35752	IIR-M	17.08.09	27.08.09		39,8	
	4	18	26690	II-R	30.01.01	15.02.01		142,1	
	5	32	20959	II-A	26.11.90	10.12.90		215,9	
	6	10	23953	II-A	16.07.96	15.08.96		195,3	
F	1	14	26605	II-R	10.11.00	10.12.00		144,4	
	2	15	32260	IIR-M	17.10.07	31.10.07		61,7	
	3	13	24876	II-R	23.07.97	31.01.98		178,6	
	4	23	28361	II-R	23.06.04	09.07.04		101,3	
	5	26	22014	II-A	07.07.92	23.07.92		244,3	

Всего в составе ОГ GPS 31 КА.

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

ФЦП по ГЛОНАСС решили поменять через полгода после утверждения

Минэкономразвития получило для согласования изменения в федеральную целевую программу «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы». Поправки касаются выделения средств на комплексную информационно-аналитическую систему контроля транспортных средств с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS (КИАСК). По данным замминистра транспорта РФ Алексея Цыденова, на создание системы будет выделено 450 млн рублей. Предложения по корректировке ФЦП по ГЛОНАСС вносились Роскосмосом – госзаказчиком этой программы.

– После согласования в Минэкономразвития Ространснадзор объявит тендер на создание системы, – говорит Цыденов. – Скорее всего, это будет в октябре.

КИАСК создается как основа системы сбора информации о передвижениях пассажирского транспорта и грузовых средств, перевозящих опасные грузы. С 1 января 2013 года все перевозчики людей и опасных грузов в России должны оснастить свои авто телематическим оборудованием, автоматически передающим данные о маршруте движения, местах и продолжительности стоянок органам Ространснадзора. Речь

идет приблизительно о 900 тыс. транспортных средств. С 1 января 2014 года установить такое оборудование должны будут владельцы такси. Сейчас вопрос ставится об оснащении такими же приборами вообще всего транспорта, приобретаемого за счет федерального бюджета, а также мусоровозов, дорожной техники, всех летательных аппаратов и т. д. Количество объектов, скидывающих данные в КИАСК, будет постоянно увеличиваться, поэтому КИАСК будет создаваться в несколько этапов.

– Окончательно параметры системы не утверждены. Предварительно планируется, что в 2012–2014 годах КИАСК обеспечит оперативный мониторинг только грузовых автомобилей. Средства перевозки пассажиров будут проверяться только в части аварийных и нештатных ситуаций, – рассказали «Известиям» в Ространснадзоре. – Возможность полнофункционального мониторинга всех транспортных средств, включая такси, запланирована на 2015–2020 годы.

Алексей Цыденов уверен, что Ространснадзор успеет закупить оборудование и запустить систему в работу до 1 января следующего года, когда сотни тысяч установленных в обязательном порядке приборов начнут передавать данные в КИАСК. По мнению участников рынка, победитель запланированного тендера предсказуем – это компания «НИС ГЛОНАСС», которая

в соответствии с устными договоренностями уже проектирует КИАСК и поэтому сможет развернуть инфраструктуру в относительно сжатые сроки, что позволит успеть к Новому году. В «НИС ГЛОНАСС» не стали комментировать эти предположения, напомнив, что тендер на создание КИАСК еще не объявлен.

Примечательно, что коррективы в ФЦП по ГЛОНАСС, рассчитанную до 2020 года, начали вносить уже спустя полгода после ее утверждения правительством. На этапе согласования в прошлом году федеральные ведомства в несколько этапов урезали ее суммарный бюджет, — он сократился с запрашиваемых 462 млрд рублей до 326 млрд. В процессе урезания бюджета ФЦП под нож в первую очередь шли как раз программы, касающиеся наземного внедрения ГЛОНАСС-технологий. Роскосмос легко шел на эти уступки, имея в виду, что состояние космической группировки более важно, чем наземной инфраструктуры. Теперь выясняется, что космический сегмент системы не требует тех темпов обновления, которые предусмотрены ФЦП: запланированный на этот год запуск трех космических аппаратов пока отложен — существующие спутники работают нормально. Поэтому появилась возможность перенаправить часть средств на создание наземной инфраструктуры.

<http://izvestia.ru/news/535747/> 21.09.2012

ВВС России получит крылатую ракету X-101 в 2013 году

В начале 2013 года на вооружение дальней авиации ВВС России будет принята новая крылатая ракета X-101, рассказал «Известиям» источник в ВВС России. По его словам, сейчас она проходит летные испытания. По данным контрольных стрельб, радиус отклонения ракеты от цели не превышает 10 м с 10 тыс. км. При этом у предшественницы X-101 — ракеты X-555 — отклонение составляет 25...30 м. Таким образом, X-101 фактически станет первой высокоточной неядерной ракетой в арсенале дальней авиации.

— ВВС США приняли на вооружение первые высокоточные крылатые ракеты воздушного базирования еще в 1980-е годы. Мы же до сих пор рассчитывали, в основном, на разрушительную энергию ядерного взрыва, когда плюс-минус 50...100 м большой роли не играет. Сейчас задачи изменились — нужно обладать высокоточным оружием, способным ювелирно уничтожить объект, — рассказал «Известиям» источник в главном командовании ВВС России.

По его словам, наличие такой ракеты позволит дальней авиации наносить высокоточные удары как по террористическим базам, так и по стратегическим объектам в тылу противника, не рискуя жизнями пилотов.

X-101 — это дозвуковая крылатая ракета большой дальности. Ведет ракету к цели навигационный комплекс на основе системы ГЛОНАСС. В отличие от X-555 новая ракета сможет уничтожить как малоразмерные

(от 2...3 м), так и подвижные объекты, в том числе движущийся автомобиль, рассказал «Известиям» представитель оборонно-промышленного комплекса.

На случай радиоэлектронных помех и отключения спутниковых систем навигации ракеты оснащены автономными инерциальными системами позиционирования.

За счет новой электронной базы система наведения стала меньше, чем в советских ракетах. Освободившееся место заняло топливо и боевая часть. Если X-555 летела на 2 тыс. км с 200-килограммовой БЧ, то X-101 уже на 10 тыс. с 400 кг боевой части. Существует и ядерный вариант новой ракеты, получившей индекс X-102.

— Правда, X-101 все же получилась тяжелее X-555 примерно в три-четыре раза. Поэтому нести ее могут только стратегические ракетоносцы Ту-160 и Ту-95. Бомбардировщик Ту-22 ее не поднимет. Вот поэтому «Бэкфайр» пока останется со старыми X-555, — пояснил собеседник «Известий».

По мнению президента Института стратегических оценок Александра Коновалова, крылатые ракеты большой дальности сейчас жизненно необходимы для ВВС России.

— Из-за отсутствия у России военных баз за рубежом российские истребители не смогут прикрывать бомбардировщики во время трансконтинентальных полетов. Поэтому очень важно, чтобы Ту-95 и Ту-160 смогли выпустить ракеты, не входя в зону действия противовоздушной обороны противника, — пояснил Коновалов.

Ближайший аналог X-101 — американская крылатая ракета большой дальности AGM-129. Она тоже оснащена как спутниковой навигационной системой (GPS), так и инерциальной. Дальность применения американской ракеты составляет чуть более 3 тыс. км. Запускать AGM-129 возможно только с тяжелого бомбардировщика B-52.

<http://izvestia.ru/news/53506321.09.2012>

С 2012 по 2020 годы необходимо изготовить 15 спутников «Глонасс-М» и 22 «Глонасс-К»

Одно из важнейших направлений в работе ИСС — создание космических аппаратов для системы ГЛОНАСС. Орбитальная группировка глобальной навигационной системы полностью сформирована в конце 2011 года, сегодня в ИСС изготавливаются спутники для её поддержания и развития. Федеральной целевой программой, утверждённой Правительством России, предусмотрены меры по поддержанию и развитию системы ГЛОНАСС. Решетнёвской фирме с 2012 по 2020 годы необходимо изготовить 15 спутников «Глонасс-М» и 22 «Глонасс-К». Работа в этом направлении идёт в ИСС полным ходом. В настоящее время на предприятии изготавливается космический аппарат «Глонасс-М» № 50, подписаны контракты со смежными предприятиями на поставку приборов ещё для нескольких спутников

этой серии. Уже завершено изготовление спутников «Глонасс-М» № 47, № 48, № 49. Приёмо-сдаточные испытания подтвердили соответствие их характеристик конструкторской и эксплуатационной документации. Космические аппараты поставлены на ответственное хранение в сборочном цехе. Там же отправки на космодром ожидает навигационный спутник следующего поколения — «Глонасс-К» № 12Л. Решение о сроке запуска навигационных спутников будет принято Роскосмосом после анализа состояния орбитальной группировки системы ГЛОНАСС.

<http://www.iss-reshetnev.ru/images/File/newspaper/2012/318.pdf>

Дальняя авиация вернулась на Северный полюс

Учебные вылеты дальней авиации России в Арктике в нынешнем году выросли на порядок. Как сообщили «Известиям» в штабе авиабазы в Энгельсе, целую неделю в сентябре два стратегических бомбардировщика Ту-160 летали в район Северного полюса, где отрабатывали атаки наземных целей крылатыми ракетами Х-555. Для этого они временно перебазировались из Энгельса на аэродром Оленегорск в Мурманской области. Источник «Известий» подчеркнул, что реальных пусков ракет не было и все задачи экипажами были выполнены.

— Мы вновь начали патрулировать акваторию Северного Ледовитого океана с 2007 года, летаем также в Атлантике или, как у нас говорится, «ходим за угол». А в текущем году кроме патрулирования стали отрабатывать удары по поверхности. То есть целенаправленно осваиваем Заполярье, которое стало нашим главным направлением, — сообщил он. По его словам, в полетах задействованы и турбореактивные Ту-160, и турбовинтовые Ту-95МС. До 2012 года бомбардировщики появлялись над полюсом только для тренировок по навигации. Массированное присутствие дальней авиации в высоких широтах началось в апреле, когда десяток «медведей» (Ту-95МС) перелетели на аэродромы Тикси и Анадырь и в течение недели поражали учебные цели в арктическом регионе и на Тихом океане.

Представитель командования дальней авиации ВВС заявил «Известиям», что все полеты «стратегов» имеют плановый характер и никакого целенаправленного освоения нет.

— Просто раньше мы не летали туда из-за недостаточного обеспечения топливом, нехватки исправных машин и подготовленных экипажей. Сейчас эти проблемы устранены, а кроме того, самолеты получили новую навигационную систему на базе ГЛОНАСС, — пояснили в командовании дальней авиации (ДА). Полеты в Арктике сложнее, чем в более южных регионах из-за близости магнитного полюса, «сжатых» часовых поясов и однообразного ландшафта, который исключает визуальное ориентирование. ГЛОНАСС-приборы значительно облегчают полеты в этом регионе. Теперь в полетных заданиях пилотов из Энгельса

значатся такие пункты, как Онежское озеро, Новая Земля, остров Греэм-Белл, Северный полюс, Тикси или Анадырь, и далее — домой через Челябинск.

— За прошедшие пять лет мы неплохо освоили Атлантику и центральную часть Тихого океана, а вот Северный полюс и Берингов пролив знаем не так хорошо. Так что нынешняя активность «дальников» — плановая, — добавил представитель командования ДА.

Везде, где только можно, к российским бомбардировщикам «приклеиваются» истребители стран НАТО, особенно норвежцы, британцы и американцы. В районе Аляски наших сопровождают американские самолеты пятого поколения F22 Raptor.

Заместитель главного редактора авиационного журнала «Взлет» Владимир Щербаков говорит, что для стратегических бомбардировщиков вероятный противник остается прежним — США. Для нанесения удара по нему есть всего три позиционных района. Это Северная Атлантика (атака восточного побережья), центральный район Тихого океана (атака западного побережья) и Арктика (поражение Аляски и северных штатов).

— К тому же полеты в высоких широтах вполне ложатся в общую стратегию защиты этого региона, к которой готовится Россия, — сказал Щербаков.

Дальняя авиация возобновила активную деятельность в августе 2007 года по личному распоряжению президента Владимира Путина.

<http://izvestia.ru/news/53626027.09.2012>

ГЛОНАСС просится в США

На завершившейся 21 сентября в Нэшвиле международной конференции по спутниковой навигации ION GNSS 2012 российская делегация обсудила с американскими коллегами возможность размещения на территории США наземных станций Системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) ГЛОНАСС. Об этом «Известиям» на условиях анонимности сообщил один из участников конференции. По его словам, россияне хотели бы установить на американской территории сразу несколько СДКМ (станций — ред.) — на Гавайских островах, на Аляске, на Тихоокеанском и Атлантическом побережьях основной материковой части США и в одном из центральных штатов. Взамен россияне готовы рассмотреть вопрос о размещении станций коррекции и мониторинга GPS на территории России. Переговоры не носили официального характера, подчеркивает источник «Известий». По его словам, представитель российской делегации на встрече дал понять, что предложение командованию американских ВВС, администрирующих GPS, разместить станции ГЛОНАСС в США и GPS — в России, предварительно было одобрено представителем Минобороны РФ и «членом российского правительства, курирующим ГЛОНАСС».

Российская делегация состояла из представителей Роскосмоса, ЦНИИМАША, «Российских космических систем», ИСС им. академика М. Ф. Решетнёва, ВНИИ физико-технических измерений, НИС-ГЛОНАСС

и Российского института радионавигации и времени. Основная тема ION GNSS 2012 была сформулирована так: «Современное навигационное обеспечение информационного общества». На семинарах в рамках конференции обсуждались такие вопросы как технологии определения местоположения внутри помещений, атомной интерферометрии, модернизации ГЛОНАСС и др.

— Встреча российской и американских делегаций носила закрытый характер, и ее участники были предупреждены о том, что ее содержание разглашению не подлежит, — заявили «Известиям» в НИС ГЛОНАСС.

По словам источника «Известий», решение вопроса об установке СДКМ (станций — ред.) ГЛОНАСС в США окажет влияние на точность определения координат системой.

— На борт спутников нужно закладывать как можно более точные эфемериды — координаты спутников, — говорит эксперт. — Чтобы получить точнейшие эфемериды, нужно построить как можно более точную модель, учитывающую массу факторов, вплоть до влияния на космический аппарат солнечного ветра. Задача такой модели — с точностью до сантиметра определить, где будет спутник через несколько суток. Входными параметрами для построения такой модели являются данные о реальном движении спутника. Для того чтобы такие данные получать, нужно видеть как аппарат движется и смотреть как расчетная модель согласуется с реальностью. Наблюдать нужно из наибольшего количества точек на поверхности Земли.

Ранее генеральный конструктор системы ГЛОНАСС Юрий Урличич заявлял, что в планах России договориться о размещении станций СДКМ в 34 странах-партнерах. Среди них Украина, Индия, Израиль и Австралия.

Вопрос о возможности размещения станций СДКМ на территории США будет решаться высшим руководством страны. ГЛОНАСС — система двойного назначения, однако ее эксплуатантом в скором времени (по распоряжению правительства — до конца 2012 года) станет Минобороны, точнее, Войска воздушно-космической обороны. Чтобы легально купить комплектующие американского производства для системы ГЛОНАСС, необходимо получить специальное разрешение конгресса США. Именно поэтому в прежние годы спутники ГЛОНАСС вынужденно комплектовались микросхемами, не предназначенными для использования в космосе.

— Полагаю, что вопрос о размещении (станций — ред.) СДКМ ГЛОНАСС в США вполне может быть решен положительно, — говорит директор по развитию кластера космических технологий и телекоммуникаций фонда «Сколково» Дмитрий Пайсон. — Угрозы национальной безопасности США тут не видно. А о конкуренции GPS и ГЛОНАСС тоже говорить не приходится, уже всем очевидно, что эти системы друг друга дополняют.

Иван Чеберко <http://izvestia.ru/news/53647929.09.2012>

Запуск спутника GPS IIF-3

4 октября 2012 г. ракетой-носителем Delta IV успешно запущен очередной спутник GPS IIF-3. До ноября спутник оставался в режиме контроля. По данным анализа альманаха, принятого в ИАЦ, с 14.11.12 спутник работает по целевому назначению.

<http://www.gpsworld.com/category/gnss-system/gps-modernization/>

<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GPS/21.12.2012>

Минобороны в третий раз модернизировало Су-25

Модернизированный штурмовик Су-25 проходит последние летные испытания. Источник в главкомате ВВС сообщил «Известиям», что он пойдет в серийное производство уже в декабре нынешнего года, тогда же ему присвоят новый индекс. В модернизации знаменитого «Грача» учтен опыт войны в Закавказье в 2008 году.

— Там воевали Су-25СМ предыдущей модернизации, потеряно три машины. Выявлена уязвимость штурмовиков, в том числе потому, что нет комплекса РЭБ, способного противостоять современным средствам ПВО и истребителям. Кроме того, Су-25 до сих пор применяют только неуправляемые авиационные ракеты (НАР) и фугасные бомбы. Есть возможность использовать управляемые ракеты Х-25 и Х-29, но прицельный комплекс «Грача» не отвечает современным требованиям, и попасть точно в цель такой ракетой сложно, — рассказал собеседник.

По его мнению, Су-25 и Су-25СМ ограничены в работе в плохих метеусловиях и ночью, и оба неспособны применять корректируемые по ГЛОНАСС бомбы. Опыт же современных конфликтов, например, в Ливии, показывает, что самолет должен поражать цели, не входя в зону действия ПВО противника, используя высокоточное оружие в любое время суток и в любую погоду.

Один из офицеров ВВС, принимавший участие в боевых действиях на Кавказе, рассказал, что под интенсивным огнем с земли самолеты часто возвращались в дырках от пуль и осколков.

— А в 2001 году в Итум-Калинском районе Чечни из-за сложных метеусловий в горах разбились два Су-25. Не способен на такие полеты «Грач», нет у него соответствующих приборов и систем, — сказал летчик.

На новом Су-25 установлен новейший комплекс радиоэлектронной борьбы «Витебск-25» самарской фирмы «Экран». Также самолет получил прицельный комплекс, позволяющий применять управляемые ракеты Х-29 и корректируемые бомбы с телевизионным наведением КАБ-КР. На экран в кабине пилота выводится изображение с головки самонаведения.

Собеседник «Известий» в ВВС, участвовавший в испытаниях нового Су-25, говорит, что монитор имеет высокое разрешение и выдает четкую картинку.

— Правда, пока это не те полностью многофункциональные дисплеи, которые необходимы штурмовику. Сначала планировалось, чтобы пилот мог работать в очках ночного видения, как у американцев. Но испытания показали, что в тесной кабине Су-25 в таких очках сложно развернуться, а переплет фонаря закрывает поле обзора. Поэтому решили отказаться от очков. Но главное, теперь можно применять ГЛОНАСС-бомбы КАБ-С (Э),— подчеркнул он.

Кроме прицельного и РЭБ комплексов, на самолете установлен новый прибор зашифрованной аппаратуры связи (ЗАС) с дальностью действия до 1 тысячи км. Он позволяет интегрировать всю электронную начинку самолета в единую автоматическую систему управления войсками (АСУ).

Внесены также изменения в навигационный комплекс. В его основе приемник, который способен преодолевать по каналу GPS-ГЛОНАСС постановку пассивных и активных помех. Еще на «Граче» будет стоять новая оптико-электронная тепловизионная камера, дублирующая работу оптических и радиоэлектронных систем поиска и наведения.

— Все это позволит пилоту обнаруживать цели днем и ночью, в туман и снег, зимой и летом. В начале 2013 года тепловизионная камера будет готова, и начнем внедрять ее на все модификации Су-25,— сообщил «Известиям» высокопоставленный источник в главкомате ВВС. По мнению авиационного эксперта, главного редактора журнала «Взлет» Владимира Щербакова, новая модернизация «Грача» увеличит ударную мощь фронтовой авиации.

— В отличие от Су-34, Су-25 сможет поражать управляемым оружием хорошо защищенные цели не только с большой дистанции, но и непосредственно на поле боя. Сейчас все типы фронтовой авиации должны быть всепогодными и работать ночью. Кроме того, Су-25 лучше защищен от огня крупнокалиберного пехотного оружия, чем Су-34.

Тем не менее, Щербаков отметил, что штурмовик быстро устаревает, и по-хорошему его надо заменить принципиально новым. Но сейчас приоритетными являются проекты ПАК-ФА (многоцелевой истребитель) и ПАК-ДА (тяжелый бомбардировщик), поэтому заслуженный ветеран Су-25 еще послужит в армии.

Алексей Михайлов

<http://izvestia.ru/news/537170#ixzz28mqE62MQ>

ГЛОНАСС станет точнее

Министерство обороны подготовило новую версию геоцентрической системы координат для ГЛОНАСС, получившую наименование ПЗ-90.11. Во ФГУП «ЦНИИ машиностроения» (ЦНИИмаш) провели тестирование новой системы, которое показало, что с ее помощью точность определения координат ГЛОНАСС возрастет не менее чем на 15%, рассказал «Известиям» высокопоставленный источник в Роскосмосе.

— ПЗ-90.11, скорее всего, будет введена до Нового года,— предположил собеседник в Роскосмосе.— Ее

применение позволит улучшить точностные характеристики ГЛОНАСС на 15...20%. Предыдущее обновление системы координат, проведенное в 2007 году, позволило увеличить точность практически в два раза. Сейчас такого эффекта ожидать не стоит, но процентов на 15% точность, полагаю, повысится. Сейчас точность определения координат ГЛОНАСС без использования наземных уточняющих устройств составляет 3...6 м, у GPS аналогичный показатель составляет 2...4 м.

В разных странах мира поддерживается внушительное количество систем координат, в России же в качестве государственных используются две: ПЗ-90 для обеспечения орбитальных полетов, задач оборонной тематики и спутниковой навигации и СК-95 для геодезических и картографических работ.

Наиболее точной системой является ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Она устанавливается Международной службой вращения Земли (IERS) по наиболее точным технологиям наблюдения: радиоинтерферометрии на сверхдлинных базах, лазерной локации искусственных спутников, доплеровских измерений низкоорбитальных спутников и т. д. Точность измерений ITRF настолько высока, что позволяет измерять скорость перемещения пунктов до 0,5 мм в год. ITRF также использует данные, получаемые от систем ГЛОНАСС и GPS.

Считается, что используемая в GPS система координат WGS-84 (World Geodetic System 1984), созданная в бывшем Картографическом управлении министерства обороны США, близка по точностным параметрам к ITRF.

Взаимное положение пунктов в ПЗ-90 определяется с погрешностью около 30 см. Информированный источник в Роскосмосе рассказал «Известиям», что правительством уже дано поручение Минэкономразвития, Роскосмосу, Росстандарту и Минобороны подготовить проект постановления по установлению системы ПЗ-90.11 в качестве государственной системы координат.

— Мы также внесли в правительство предложение функционально объединить действующие на территории России высокоточные средства измерений наземных корректирующих устройств ГЛОНАСС, Высшего топографического училища Генштаба ВС РФ, Росреестра, Роскосмоса и Академии наук,— говорит собеседник «Известий» в Роскосмосе.— Совместная обработка измерительной информации, полученной с помощью этих средств, позволит нам проводить периодическое уточнение геоцентрической системы координат, которая будет использоваться в ГЛОНАСС.

По словам представителя Роскосмоса, тестирование ПЗ-90.11 показало, что погрешность определения расстояния между объектами с помощью данной СК снизилась практически на порядок — с 30 до нескольких сантиметров.

Иван Чеберко

<http://izvestia.ru/news/537435#ixzz2AzY49HOW12.10.2012>

«Союз» отправил на орбиту еще два спутника системы Galileo

Разгонный блок «Фрегат-МТ» в ночь на 13 октября по московскому времени успешно доставил на орбиту два спутника европейской навигационной системы Galileo, сообщается на сайте Роскосмоса.

Ракета-носитель «Союз-СТ-Б» стартовала с космодрома Куру во Французской Гвиане в 22:15 по московскому времени. Спустя девять минут от ракеты отделился головной блок, состоящий из разгонного блока и двух космических аппаратов IOV-2 FM3 и FM4 массой по 700 килограммов каждый. Около 2:00 спутники отделились от разгонного блока, в ближайшие часы они выйдут на расчетную круговую околоземную орбиту высотой 23,2 тысячи километров.

Теперь численность орбитальной группировки Galileo доведена до четырех спутников. Первый успешный пуск «Союза-СТ» с двумя европейскими спутниками этой системы состоялся 21 октября 2011 года. Остальные 26 аппаратов будут постепенно выводиться на орбиту с 2013 года. Общая стоимость запуска десяти спутников на пяти российских «Союзах» составляет 397 миллионов евро, отмечает агентство «Интерфакс».

Европейская система Galileo является аналогом американской глобальной навигационной спутниковой системы GPS и российской ГЛОНАСС.

Напомним, ракета-носитель «Союз-СТ-Б» — специальная модификация ракеты «Союз-2» для стартов с Куру. Проект по созданию в Гвианском космическом центре системы запуска «Союза-СТ» является частью программы Европейского космического агентства и реализуется в сотрудничестве российских предприятий ракетно-космической отрасли и европейских компаний.

<http://lenta.ru/news/2012/10/13/galileos/>

За российской дорогой будет следить система высокоточного позиционирования на основе ГЛОНАСС

Система высокоточного позиционирования на основе технологий ГЛОНАСС, позволяющая контролировать минимальные смещения дорожного полотна, а также критически важные объекты дорожно-транспортной инфраструктуры, представлена в рамках международной специализированной выставки-форума «Дорога-2012».

На стенде группы компаний «М2М телематика» посетителям выставки в режиме реального времени продемонстрирована система контроля оползневой опасности на участке Джубга-Сочи. ГЛОНАСС-решение разрабатывается специалистами холдинга по заказу Федерального дорожного агентства и, по словам директора службы развития продуктов и услуг «М2М телематика» Виталия Полторацкого, к концу 2012 года планируется к запуску в опытную эксплуатацию.

«В состав системы высокоточного позиционирования помимо целого набора датчиков, контролирующих смещение, деформации, механические напряжения и пр., входит оборудование ГЛОНАСС, которое обеспечивает контроль местоположения объектов с точностью до 1 см в плане и до 1,5 см по вертикали на всей территории страны. Внедрение технологий ГЛОНАСС позволяет максимально оперативно реагировать на угрозу возникновения аварийных ситуаций, что, в конечном итоге, приводит к значительной экономии бюджетных средств на проведение восстановительных работ», — добавляет Виталий Полторацкий.

Диспетчерский центр контролирует до 20 удаленных от него объектов дорожно-транспортной инфраструктуры. Таким образом, возможно построение локальных, региональных, корпоративных и ведомственных систем мониторинга любого масштаба, включая стратегические транспортные коридоры и узлы. По оценкам экспертов, внедрение системы высокоточного позиционирования позволит снизить издержки на эксплуатацию объектов за счет прогноза состояний до 10%, снизить затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ до 15%, повысить оперативность получения данных об аварийных ситуациях на 25%, повысить безопасность промышленно-транспортных процессов за счет предупреждения аварийной обстановки и выявления запредельных режимов нагрузки на объектах на 10%.

По результатам работы системы высокоточного позиционирования на участке дороги Джубга-Сочи возможно ее тиражирование на всех дорогах России, включая дороги в горной местности или на ненадежных грунтах. Вниманию посетителей выставки специалисты «М2М телематика» также представили адаптивную систему управления транспортными потоками на основе ГЛОНАСС, в состав которой входит система сбора данных о транспортных потоках и адаптивная система управления дорожным движением с использованием светофоров. Решение автоматически определяет количество транспорта на перекрестках и затем, исходя из полученной информации, меняет циклы светофорного регулирования для снижения транспортной нагрузки. Система может быть установлена на федеральных и региональных автомобильных дорогах. На данный момент решение «М2М телематика» эксплуатируется в Ростове, далее его внедрение планируется в Рязани и Кемерово. Инновационные решения группы компаний «М2М телематика» получили высокие оценки со стороны посетителей выставки «Дорога-2012», включая представителей международных делегаций — высшего руководства министерства транспорта Италии, ИТС Швеции (ITS Sweden), разработчиков ИТС из Германии и Финляндии и др.

http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=34518.10.2012

ГЛОНАСС-решения внедрены в автопарке ОАО «Уралвагонзавод»

Группа компаний «М2М телематика» объявляет о завершении проекта по внедрению ГЛОНАСС-решений в автопарке крупнейшей научно-производственной корпорации России – ОАО «Уралвагонзавод». В рамках заключительного этапа проекта навигационно-связным оборудованием оснащается 100% автотранспорта предприятия. Ранее оборудование ГЛОНАСС было установлено на весь железнодорожный состав «Уралвагонзавода». По прогнозам разработчиков, система мониторинга и управления транспортом повысит эффективность бизнес-процессов предприятия в среднем на 20%.

Для управления железнодорожным и автомобильным транспортом (бортовые грузовые машины и тягачи марки КАМАЗ, ЗИЛ, ГАЗ) ОАО «Уралвагонзавод» в каждом подразделении корпорации развернута диспетчерская служба, сотрудники которой в режиме реального времени получают информацию о точном местоположении, техническом состоянии и соблюдении режимов работы каждого транспортного средства, выполняющего производственные операции. Всего на предприятии создано 22 автоматизированных рабочих места (АРМ) со специализированным программным обеспечением CybelFleet®.

Напомним, что в рамках первого этапа проекта специалистами компании «М2М телематика» создана пилотная зона, проведено техническое проектирование системы с учетом специфики производственных процессов компании и сформирована рабочая документация. Оборудованием ГЛОНАСС оснащено 100% железнодорожного подвижного состава, перевозящего грузы (материалы, сырье) по территории корпорации, а также произведенной продукции к транспортным узлам для ее отправки конечным заказчикам.

Благодаря технологиям ГЛОНАСС на предприятии усилен контроль за работой транспортных средств и расходом топлива, повышен уровень трудовой дисциплины и производственной безопасности. В дальнейших планах предприятия – интеграция поступающих из системы мониторинга данных с внешней автоматизированной системой управления бизнес-процессами предприятия. Генеральным подрядчиком развертывания комплексной ИТ-системы на предприятии выступает компания «Астерос».

http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=34622.10.2012

16-й спутник Beidou запущен. Полное покрытие Азиатско-Тихоокеанского региона ожидается в начале 2013 года

Ракетой Long March III из Xichang Launch Center был запущен 16-й китайский спутник Compass/Beidou. Спутник является геостационарным и запущен на переходную орбиту. Это 6-й космический аппарат (КА)

Compass, запущенный в этом году. Он входит в созвездие из 6 КА на геостационарных орбитах, 5 КА на наклонных геостационарных (геосинхронных) орбитах и 5 КА на средневысоких орбитах. Два КА на средневысоких орбитах, запущенные 18 сентября этого года, уже начали передавать сигналы.

Согласно правительственным источникам, создание созвездия из 16 КА завершает второй этап планируемой трехэтапной программы. Эта система будет обслуживать Азиатско-Тихоокеанский регион с начала следующего года.

Ожидается, что третий этап завершится в 2020 году.

<http://www.insidegnss.com/node/324625.10.12>

КНР вывела на орбиту 16-й навигационный спутник системы «Бэйдоу»

Китай осуществил запуск навигационного спутника, увеличив число космических аппаратов собственной навигационной системы «Бэйдоу» до шестнадцати, сообщает в пятницу агентство Синьхуа. Пуск спутника был осуществлен в 23.33 по пекинскому времени (19.33 мск) в четверг с космодрома Сичан (провинция Сычуань) при помощи ракеты-носителя «Великий поход 3-Б» (Long March 3-B).

Как отмечается в сообщении, выведенный на орбиту спутник «будет играть важную роль в улучшении работы китайской системы глобального позиционирования».

Навигационная система «Бэйдоу» – китайский аналог американской GPS и российской ГЛОНАСС. Ее реализация началась в КНР в 2000 году, первый спутник был выведен на орбиту в 2007 году. В конце 2011 года система начала действовать в тестовом режиме.

С начала 2012 года КНР успешно вывела на орбиту шесть спутников системы «Бэйдоу». Предполагается, что в конечном итоге китайская навигационная система, формирование которой будет завершено в 2020 году, будет основана на данных, получаемых с 35 орбитальных спутников.

http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=34826.10.2012

Запущен очередной спутник системы GAGAN

28.10.2012 компания АРИАНСПЕЙС с космодрома Куру, Французская Гвиана, ракетой Ariane 5 успешно запустила второй геостационарный космический аппарат GSAT-10 индийской широкозонной дифференциальной подсистемы GAGAN (GPS and GEO Augmented Navigation). GSAT-10 на борту имеет 30 передатчиков Ku- и C диапазонов, а также аппаратуру GAGAN. Передает L1 и L5 сигналы GPS. Минимальный срок службы 15 лет. Будучи размещенным в точке 83° восточной долготы, GSAT-10

предназначен для повышения точности и надежности гражданской аэронавигации.

Одновременно той же ракетой был запущен телекоммуникационный спутник ASTRA 2F.

<http://www.insidegnss.com/node/322728.10.2012>

Казахстан официально пригласили в проект «ЭРА ГЛОНАСС»

Россия предложила Казахстану участвовать в самом масштабном проекте по коммерциализации ГЛОНАСС-технологий — «ЭРА ГЛОНАСС» (расшифровывается как «Экстренное реагирование при авариях»). О сделанном предложении рассказал заместитель премьер-министра Казахстана Кайрат Келимбетов на круглом столе по навигационным технологиям, проходившем в Москве в рамках форума «Открытые инновации».

Вице-премьер российского правительства Владислав Сурков на том же мероприятии отметил, что Россия может принять участие в создании необходимой инфраструктуры.

— В случае если наши партнеры из тех или других стран захотят, чтобы мы участвовали в софинансировании инфраструктуры, мы будем это делать, причем понимая прекрасно, что операционный контроль эти страны захотят оставить у себя, — заявил Сурков.

Келимбетов сказал, что власти Казахстана уже изучают предложение правительства РФ и знакомятся с российскими технологиями.

Система «ЭРА ГЛОНАСС» предназначена для моментальной отправки сигнала о ДТП экстренным службам с указанием точных координат участника происшествия. Обязательное оснащение оборудованием «ЭРА ГЛОНАСС» анонсировано российским правительством с 2015 года, но минимальные требования к терминалам, которые будут устанавливаться на ТС (планируется, что делать это будет производитель авто прямо на заводе), стали известны в сентябре — соответствующий приказ выпустил Минтранс. Терминал должен будет обеспечивать передачу сообщения о ДТП с указанием точных координат и установление двустороннего голосового соединения с оперативными службами в течение часа после ДТП. Каналы связи будет обеспечивать виртуальный оператор сотовой связи, специально для этого созданный участниками некоммерческого партнерства «Содействие развитию и использованию навигационных технологий» (НП ГЛОНАСС), куда входят крупнейшие российские операторы.

Руководитель НП ГЛОНАСС Александр Гурко подчеркивает, что принятие технического регламента (в котором планируется прописать необходимость установки терминалов ЭРА) в рамках Таможенного союза является основным условием для успешного внедрения «ЭРА ГЛОНАСС». По условиям формирования Таможенного союза национальные технические регламенты государств перестают действовать с момента вступления в силу перекрывающих их технических регламентов союза. Действие всех национальных

положений с 1 января 2012 года прекращено, уже сейчас доминируют общие техрегламенты. Из этого прямо следует, что если Казахстан и Белоруссия не сочтут необходимым участвовать в «ЭРА ГЛОНАСС», то и в России проект забуксует, поскольку общий — он же главный — технический регламент изменить не получится.

Целенаправленная работа по продвижению технологий на основе системы ГЛОНАСС на внешние рынки начата относительно недавно: в августе этого года на заседании межведомственной рабочей группы под руководством Владислава Суркова были даны поручения по разработке комплекса мер, способствующих продвижению ГЛОНАСС на внешние рынки. Задания получили Роскосмос, Минтранс, Минэкономразвития, Минкомсвязи, Росреестр и НП ГЛОНАСС. Среди прочего космическому агентству поручили разработать план размещения станций дифференциальной коррекции на территориях зарубежных стран, а также подготовить проект текста заявления правительства России о предоставлении услуг ГЛОНАСС мировому сообществу и Международной организации гражданской авиации на безвозмездной основе. Поручение проработать схемы расширения зоны действия системы «ЭРА ГЛОНАСС» на все пространство Таможенного союза было дано Минтрансу. При этом разработку «дорожной карты» по продвижению российских навигационных технологий в зарубежные страны поручили НП ГЛОНАСС. По словам Гурко, карта уже разработана и среди приоритетных стран для продвижения технологий и оборудования ГЛОНАСС в ней названы Белоруссия, Казахстан, Украина, Финляндия и Индия.

Эксперты навигационной индустрии высоко оценивают потенциал рынка Казахстана.

— Мы работаем на телематическом и навигационном рынке Казахстана и видим, что он находится на первой ступени своего развития, — говорит ведущий эксперт группы компаний «Эшелон Геолайф» Михаил Каштанов. — По сути, сейчас наблюдается формирование этого рынка. А значит, программа экстренного реагирования сможет дать хороший толчок и создать пространство для дополнительных сервисов, которые, безусловно, будут монетизированы. Территория республики весьма обширна, и в случае чрезвычайных происшествий часто становится важным быстро отыскать нужное транспортное средство по точным координатам, оперативно направить спасательные бригады, чтобы оказать помощь.

В странах ЕС параллельно реализуется проект создания близкой по функциональности к «ЭРА ГЛОНАСС» системы eCall, начало эксплуатации которой намечено на 2015 год. Переговоры о гармонизации российской и европейской систем прошли в июне этого года в Москве на международном конгрессе «ЭРА ГЛОНАСС», однако о каком-либо результате не сообщалось.

Иван Чеберко <http://izvestia.ru/news/538872#ixzz2AzbXIFdH> 01.11.2012

Космические аппараты «Луч-5Б» и «Ямал-300К» выведены на штатные орбиты

3 ноября в 10.18.00 мск в соответствии с циклограммой выведения на целевую орбиту произошло штатное отделение космического аппарата (КА) «Ямал-300К» от разгонного блока (РБ) «Бриз-М». В 10.33.00 мск также штатно отделился КА «Луч-5Б». Оба аппарата взяты на управление. Проводятся проверочные включения систем.

Совместный запуск российских телекоммуникационных космических аппаратов «Луч-5Б» и «Ямал-300К» был выполнен с помощью ракеты космического назначения (РКН) «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» стартовыми расчетами предприятий ракетно-космической промышленности сегодня в 01.04.00 мск со стартового комплекса площадки 81 космодрома Байконур.

Космический аппарат «Луч-5Б» – второй аппарат многофункциональной космической системы ретрансляции «Луч», разрабатываемой в рамках Федеральной космической программы (первый спутник – «Луч-5А» был успешно запущен в декабре 2011 года). Аппараты данной системы предназначены для ретрансляции информации с низколетящих космических аппаратов, включая пилотируемые космические комплексы, и в первую очередь российский сегмент Международной космической станции, а также с других объектов ракетно-космической техники (ракет-носителей, разгонных блоков и др.)

Спутники способны принимать от них информацию (как телеметрическую, так и целевую) на активных и пассивных участках полета, находящихся вне зон видимости с территории России, и передавать ее в режиме реального времени на отечественные наземные пункты приема информации.

Помимо этого спутники-ретрансляторы способны принимать сигналы системы «КОСПАС-САРСАТ», а также информацию со станций гидрометеорологической системы Росгидромета, и транслировать их на наземные станции. Кроме того, «Луч» будет передавать поправки к измерениям, выполняемым по спутникам системы ГЛОНАСС, что позволит увеличить точность измерения сигнала.

Космический аппарат «Ямал-300К» создан по заказу российского оператора спутниковой связи ОАО «Газпром космические системы» и предназначен для непрерывного и круглосуточного выполнения функций космического ретранслятора в системах спутниковой фиксированной связи и вещания с заданными характеристиками. Космический аппарат позволяет решать задачи создания сетей VSAT, организации спутникового широкополосного доступа, магистральных потоков Интернет, магистральных линий связи, обеспечения общероссийского и регионального телевидения распределительного типа и непосредственного приема.

<http://www.federalspace.ru/main.php?id=2&nid=1966003.11.2012>

«НИС» и «Казахстан Гарыш Сапары» создадут единое навигационно- информационное пространство на территории РФ и Казахстана

Компания «НИС» подписала соглашение о сотрудничестве с национальным сетевым оператором в сфере навигационной деятельности Республики Казахстан «Национальная компания «Казахстан Гарыш Сапары» («НК «КГС»). Совместная деятельность сторон будет направлена на развитие и использование навигационных технологий ГЛОНАСС/GPS в интересах различного рода потребителей на территории Казахстана и Российской Федерации. «НИС» обладает необходимым опытом реализации крупных проектов федерального, регионального и муниципального уровней (включая систему экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС»), а также принимает участие в формировании нормативной правовой и нормативно-технической базы, регулирующей отношения в сфере навигационной деятельности.

Одним из приоритетных направлений международной деятельности компании является участие в развитии российско-казахстанского сотрудничества в сфере спутниковых технологий с использованием системы ГЛОНАСС. Главная цель сотрудничества – создание единого навигационно-информационного пространства на территории РФ и Казахстана, а также использование технологий ГЛОНАСС в интересах социально-экономического и инновационного развития обоих государств, сообщили SNews представители «НИС». «НК «КГС» постановлением правительства Республики Казахстан от 31 мая 2012 г. № 721 определено национальным оператором системы высокоточной спутниковой навигации на всей территории республики. До конца 2012 г. в Республике планируется установить 40 базовых станций высокоточной навигации на основе ГЛОНАСС/GPS. Стороны договорились направить совместные усилия на изучение перспектив использования технологий ГЛОНАСС/GPS на территории Казахстана и стран Таможенного союза, адаптировать оборудование на основе ГЛОНАСС/GPS к требованиям казахстанского рынка, разработать новые навигационно-информационные продукты и услуги для государственных нужд и для коммерческого применения в Республике Казахстан и Российской Федерации, реализовать межгосударственные проекты в области использования спутниковой навигации. В рамках сотрудничества в компании «НИС» подготовили предложения по созданию интеллектуальной транспортной системы г. Астаны, развитию системы взимания платы за проезд с большегрузного транспорта (более 12 тонн), мониторингу критически важных объектов транспортной инфраструктуры (мостов, дамб и др.) на территории Казахстана. Для эффективного продвижения спутниковых технологий в страны Таможенного союза партнеры планируют создавать рабочие группы, участвовать в отраслевых выставках

и других публичных мероприятиях, проводить совместные исследования в области навигации.

http://telecom.cnews.ru/news/2012/11/12/nis_i_azastan_arysh_sapary_sozdadut_edinoe_navigacionnoinformacionnoe_prostranstvo_na_territorii_rf_i_kazahstana_509405

До конца 2014 года будет запущено еще 18 спутников Галилео

До конца 2014 года будет запущено еще 18 космических аппаратов европейской спутниковой навигационной системы Галилео заявил корреспонденту Евроньюс руководитель Европейского космического агентства Ж. Ж. Дорден 17.11.2012. После этого система Галилео может считаться практически развернутой.

EuroNews 17.11.2012

КА «Луч-5Б» прибыл в заданную позицию

Второй российский спутник SBAS «Луч-5Б», запущенный 02.11.2012 вместе с КА «Ямал-300К», занял планируемую точку — 16° западной долготы. По данным NORAD/JSpOC спутник достиг заданного положения 13.12.2012. «Луч-5Б» будет использовать код PRN 125.

<http://www.gpsworld.com/luch-5b-arrives/>
21.12.2012

Подготовка принятия в эксплуатацию ГЛОНАСС находится в завершающей стадии

МОСКВА, 21 дек — РИА Новости. Подготовка принятия в эксплуатацию навигационной системы ГЛОНАСС находится в завершающей стадии, спутники системы достаточно надежны, и их сигнал доступен практически по всему Земному шару, заявил Сергей Ревнивых, заместитель гендиректора ЦНИИмаш по координатно-временному и навигационному обеспечению. Так он прокомментировал сообщения некоторых СМИ о том, что Минобороны РФ якобы

отказывается принимать в эксплуатацию и ставить на боевое дежурство систему ГЛОНАСС из-за «деградации спутниковой группировки». По его мнению, эти сообщения носят «откровенно заказной характер».

«Для принятия системы ГЛОНАСС в эксплуатацию Роскосмосом совместно с Минобороны России в установленном порядке подготовлена необходимая документация. Процесс согласования документации в Минобороны России находится на завершающей стадии», — сказал Ревнивых в комментарии для прессы. Он подчеркнул, что отсутствие формального юридического акта о принятии системы ГЛОНАСС в эксплуатацию никак не препятствует ее использованию потребителями всех категорий. Говоря о состоянии спутниковой группировки, Ревнивых отметил, что в течение 2012 года по назначению использовались 24 космических аппарата, а снижение этого количества до 23-х было вызвано «необходимостью проведения планового технического обслуживания и замены космических аппаратов, выработавших свой ресурс». «При этом ухудшения характеристик глобального навигационного поля практически не происходило. В настоящий момент при использовании 23-х космических аппаратов по целевому назначению глобальная доступность системы составляет 99,95% (100% на всей территории Российской Федерации), что не накладывает практически никаких ограничений на использование системы ГЛОНАСС потребителями», — отметил он. Ревнивых напомнил, что в первом квартале 2013 года планируется запуск спутника «Глонасс-М» и нового космического аппарата «Глонасс-К». При этом, благодаря принятым за последние годы мерам, надежность космических аппаратов системы ГЛОНАСС была доведена до заданных требований. «Это подтверждается отсутствием необходимости запусков новых космических аппаратов в 2012 году для поддержания орбитальной группировки. К настоящему времени создан необходимый запас космических аппаратов и средств выведения, запуск которых будет осуществляться по мере оперативной необходимости», — сказал Ревнивых.

РИА Новостям http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=37122.12.2012



2-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ, ИХ РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ В ЖИЗНИ СОВРЕМЕННОГО ЧЕЛОВЕКА»

II INTERNATIONAL CONFERENCE «SATYELLITE NAVIGATION SYSTEMS, THE ROLE AND SIGNIFICANCE IN THE MODERN SOCIETY»

С 10 по 14 октября в ОАО «Информационные спутниковые системы им. академика М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск Красноярского края, прошла 2-я Международная научно-техническая конференция «Навигационные спутниковые системы, их роль и значение в жизни современного человека».

Конференция, приуроченная к 30-летию юбилею со дня запуска первого спутника «Глонасс» 12.10.1982 г., собрала более 250 представителей предприятий, организаций космической отрасли, научного сообщества России и зарубежных стран: Японии, Казахстана, Украины.

Конференцию открыл Н. А. Тестоедов, генеральный конструктор и генеральный директор ОАО «ИСС им. академика М. Ф. Решетнёва» — единственного отечественного производителя навигационных космических аппаратов. В своём выступлении он подчеркнул, что сегодня российская система ГЛОНАСС стала доступной потребителям всего мира. «ГЛОНАСС является локомотивом новых технологий в сфере экономики и обеспечения государственной безопасности России. И что немаловажно — это один из самых узнаваемых российских брендов в мире в области высоких технологий», — отметил Николай Алексеевич.

Поддержание, развитие и использование глобальной навигационной спутниковой системы — приоритет государственной политики России в области космонавтики. Услуги, предоставляемые ГЛОНАСС, широко востребованы в различных сферах деятельности. Поэтому применение навигационных технологий в социально-экономическом развитии общества и вопросы международного сотрудничества в этой области стали основными темами конференции.

В ходе пленарных заседаний и работы пяти секций прозвучало более ста докладов, посвящённых актуальным вопросам развития отечественной Глобальной навигационной спутниковой системы. На круглых столах были рассмотрены научно-технические проблемы создания конструкции космических аппаратов со сроком активного существования 10 и более лет, направления совершенствования космического комплекса системы ГЛОНАСС, её состояние и перспективы, а также использование навигационных технологий в интересах государственной безопасности, различных отраслей экономики и науки.

В ходе секционных заседаний в числе лучших были отмечены следующие доклады:

НА ЗАСЕДАНИИ СЕКЦИИ № 1 «Состояние и перспективы развития космических навигационных систем, практическая реализация современных требований к глобальным космическим навигационным системам» (Председатели: Косенко В. Е., Ступак Г. Г., Тюляков А. Е., секретарь: Фаткулин Р. Ф.):

«**Исследование вариантов совершенствования структуры орбитальной группировки ГНСС ГЛОНАСС до 2020 г. и далее**» Ступак Г. Г., Куришин В. В., Бетанов В. В. (ОАО «РКС» г. Москва), Ревнивых С. Г., Игнатович Е. И., Балашова Н. Н., Синцова Л. Н. (ИАЦ КВНО ФГУП «ЦНИИмаш», г. Королев), Панов С. А. (4 ЦНИИМО, г. Юбилейный), Бондарев Н. З., Чеботарев В. Е. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва, г. Железногорск).

«**Улучшение характеристик навигационной аппаратуры с использованием будущих перспективных сигналов ГНСС**» Вейцель А. В. (ФГОУВПО «МАИ», г. Москва).

«**Аппаратура контроля навигационного поля**» Яскин Ю. С., Головин М. К., Тюбалин В. В., Лопатко О. Е. (ОАО «НИИ КП», г. Москва).

НА ЗАСЕДАНИИ СЕКЦИИ № 2 «Научно-технические проблемы создания навигационных космических аппаратов со сроком активного существования 10 и более лет и пути их решения»

ПОДСЕКЦИЯ 2.1 Председатели: Лавров В. И., Максимов Ю. В., секретарь: Анжина В. А.:

«**Разработка и внедрение наземного комплекса для обеспечения надежного функционирования бортового оборудования космических аппаратов связи, навигации и геодезии**» Тестоедов Н. А., Кочура С. Г., Максимов Ю. В., Максимов И. А. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва, г. Железногорск), Арчаков В. Г. (ОАО «НПЦ «Полос», г. Томск), Клименов В. А., Суржииков А. П., Зыков В. М. (ИНК НИ ТПУ, г. Томск).

«**Оптимизация массовых характеристик кабельной сети КА с использованием разработанной САПР «АКАБ»**» Кочев Ю. В., Ефремов С. В., Овчинников А. В. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва, г. Железногорск).

«**Гипертеплопроводящие структуры в космических аппаратах повышенной мощности и ресурса**» Косенко В. Е., Звонарь В. Д., Чеботарев В. Е., Фаткулин Р. Ф. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва, г. Железногорск), Деревянко В. А., Васильев Е. Н., Нестеров Д. А. (ИВМ СО РАН, г. Красноярск).

ПОДСЕКЦИЯ 2.2 Председатели: Кочура С. Г., Титов Г. П., секретарь: Рахимова Д. Р.

«**Развитие энергопреобразующей аппаратуры системы электропитания навигационных космических аппаратов**» Гордеев К. Г., Эльман В. О., Солдатенко В. Г. (ОАО «НПП «Полус», г. Томск), Нестерин М. В., Козлов Р. В., Фалько М. Ю. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск).

«**Комплекс программ имитатора системы автоматизированной обработки данных телеметрического контроля КА «Глонасс»**» Большаков Л. К. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск).

«**Результаты лабораторно-отрабочных испытаний статического прибора ориентации по Солнцу 347К**» Пирогов М. Г., Варламов В. И., Цымбал Г. Л., Стрижова Н. М., Демешко С. А., Гальчинский Д. Н., Сафронов К. П., Полкунов В. А., Гебгарт А. Я. (ОАО «НПП «Геофизика-Космос», г. Москва).

На заседании секции № 3 «**Направления совершенствования и развития космического комплекса системы ГЛОНАСС, технологий эфемеридно-временного обеспечения и управления космическими аппаратами**» Председатели: Сторожев С. В., Гречкосеев А. К., секретарь: Марарескул Т. А.

«**Достижение конкурентоспособного уровня эфемеридного обеспечения системы ГЛОНАСС**» Жуков А. Н., Пасынков В. В., Титов Е. В. (4 ЦНИИ Минобороны России, г. Юбилейный МО).

«**Вопросы точности регистрации лазерных импульсов на борту космических аппаратов с помощью бортовой беззапросной квантово-оптической системы**» Жабин А. С., Набокин П. И. (ОАО «НПК «СПП», г. Москва), Батеев Д. С., Анжина В. А. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск).

«**Способ повышения доступности навигационного обеспечения высокоорбитальных космических аппаратов по ГЛОНАСС**» Марарескул Д. И. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск).

На заседании секции 4 «**Космическая навигация на службе человека. Инновационные проекты по обеспечению выполнения Федеральной целевой программы**» Председатели: Ревнивых С. Г., Чеботарев В. Е., секретарь: Ружилова О. В.:

«**Исследования точностных характеристик антенных модулей высокоточного позиционирования AM415 в угломерных измерениях по сигналам ГЛОНАСС/GPS**» Владимиров В. М., Шабанов В. Ф., Шепов В. Н. (Красноярский научный центр СО РАН, г. Красноярск), Асеев А. Л. (Институт физики полупроводников СО РАН, г. Новосибирск), Фатеев Ю. Л., Филиппов А. И. (Сибирский федеральный университет, г. Красноярск).

«**Аэрокосмический мобильный информационный комплекс**» Косенко В. Е., Лавров В. И., Чеботарев В. Е. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск)

«**Исследование околоземного космического пространства с использованием глобальных навигационных спутниковых систем**» Афраймович Э. Л., Астафьева Э. И., Воейков С. В., Едемских И. К., Косоголов Е. А., Леонович Л. А., Лесюта О. С., Паламарчук К. С., Первалова Н. П., Полякова А. С., Смольков Г. Я., Ясюкевич Ю. В. (Институт

солнечно-земной физики СОРАН, г. Иркутск), Живетьев И. В. (Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, с. Паратунка)

На заседании секции 5 «**Научно-технические проблемы создания конструкции космических аппаратов и механических систем**» Председатели: Халиманович В. И., Синьковский Ф. К., секретарь: Усманов Д. Б.

«**Композиционные материалы для защиты радиоэлектронного оборудования орбитальных спутников**» Джур Е. А., Санин А. Ф., Божко С. А., Андрианов А. Ю. (Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара), Белоус В. А., Рыбка А. В., Борисенко В. Н. (Харьковский физико-технический институт), Зиновьев А. М., Кузнецов А. П., Плиаск Ю. В. (ООО НПФ «Днепротехсервис»).

«**Применение математической модели для расчета динамики раскрытия крупногабаритных трансформируемых механических систем при комплексных проверках функционирования в процессе НЭО**» Романенко И. В., Двирный В. В., Ку克林 В. А., Перминов М. Д. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск).

«**Проектирование высокоточных линейных приводов для шестистепенного механизма типа «Гексапод»**» Бойко С. О., Комаров С. А., Харитонов С. Г., Леканов А. В. (ОАО «ИСС» им. ак. М. Ф. Решетнёва», г. Железногорск).

На церемонии закрытия значимость создания Глобальной навигационной спутниковой системы подчеркнул в своём выступлении заместитель руководителя Федерального космического агентства А. Е. Шилов. Он отметил, что ГЛОНАСС, одна из двух мировых систем, воплощает в себе высокий интеллектуальный потенциал России и является настоящим национальным достоянием.

За большой вклад в развитие системы ГЛОНАСС ОАО «Информационные спутниковые системы им. академика М. Ф. Решетнёва» было удостоено ордена С. П. Королёва. Восемь сотрудников фирмы получили Почётные грамоты и нагрудные знаки Роскосмоса. Федерацией космонавтики России генеральному конструктору и генеральному директору предприятия Н. А. Тестоедову присвоено звание «Заслуженный создатель космической техники».

Следующую научно-техническую конференцию «Навигационные спутниковые системы, их роль и значение в жизни современного человека» планируется провести через пять лет. Организаторы и участники выразили надежду, что это будет не только новый юбилей первого спутника «Глонасс», но и новые достижения отечественной космической навигации.

Конференция была прекрасно организована хозяевами — коллективом ОАО «Информационные спутниковые системы им. академика М. Ф. Решетнёва». Ее участникам была предоставлена возможность познакомиться с предприятием, а также принять участие в культурной программе.

При подготовке этого сообщения были использованы материалы, любезно предоставленные начальником управления коммуникационного менеджмента ОАО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнёва» С. И. Башковой.



УДК 629.7.05

РАЗВИТИЕ ВОЗДУШНОЙ НАВИГАЦИИ В РОССИИ. Ч. 2.¹ К 100-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ

Г. Ф. Молоканов, Ю. А. Соловьев²

В работе дан обзор и освещены основные вехи развития технических средств и методов воздушной навигации летательных аппаратов ВВС России. Работа приурочена к 100-летию юбилею ВВС, основание которых приходится на 12 августа 1912 года.

Ключевые слова: *Астрономия, аэроплан, ВВС, воздушная, ГЛОНАСС, инерциальная, навигация, радионавигация, самолет, спутниковая.*

DEVELOPMENT OF AIR NAVIGATION IN RUSSIA. PART. 2 100th ANNIVERSARY OF THE AIR FORCE

G. F. Molokanov, Yu. A. Soloviev

The paper describes and illustrates the principal steps in the development of the air navigation technical aids and techniques of the Russian Air Force. The paper is devoted to the 100th anniversary of the Air Force that were founded on August 12th, 1912.

Послевоенное развитие воздушной навигации проходило под влиянием бурной научно-технической революции, развития реактивной авиации, появления и освоения новых классов летательных аппаратов, что требовало новых точных навигационных систем и бортовой аппаратуры.

С начала 60-х годов в Ленинградском научно-исследовательском радиотехническом институте (ЛНИРТИ) (сейчас Российский институт радионавигации и времени), начали создаваться радиотехнические системы дальней навигации (РСДН): фазовые «Маршрут» («Альфа»), импульсно-фазовые — стационарные типа «Тропик-2» («Чайка») и подвижные типа «Тропик-2П» [19].

Разностно-дальномерная, фазовая радиотехническая система (ФРНС) сверхдальнего действия на сверхдлинных волнах (СДВ) «Альфа» (Маршрут) разрабатывалась усилиями инженеров Головушкина Г. В., Болوشيца С. Б., Гузмана А. С., Семенова Г. А. и др. [20]. Она предназначалась для обеспечения континентальных и океанических полетов самолетов, плавания морских надводных и подводных судов в открытых водах на удалении до 10000 км от опорных передающих станций в зоне действия, охватывающей до 25% поверхности Земли. В состав системы входили три станции, расположенные в районах городов Новосибирск (ведущая), Краснодар и Комсомольск-на-Амуре (ведомые) [19]. Для работы



по системе использовалась авиационная аппаратура потребителей разработки ЛНИРТИ А-722 [21] и аппаратура А-723 разработки МКБ «Компас» [59] (главный конструктор Кинкулькин И. Е.) и производства Московского радиозавода «Темп» [22].

В настоящее время на основе системы «Альфа», с вводом дополнительно построенной станции в районе населенного пункта Ревда (ведомая), создана дальномерно-гиперболическая фазовая радиотехническая система сверхдальнего действия «Альфа-М» (Маршрут-Д), позволяющая осуществлять навигационные определения на удалениях до 13000 км от опорных передающих станций в зоне действия и охватывающая до 60% поверхности Земли [19].

Коллективом специалистов ЛНИРТИ созданы и находятся в эксплуатации три цепи импульсно-фазовой системы (ИФРНС) «Чайка» [19]:

- Европейская, в составе пяти станций, расположенных в районах городов Карачев (ведущая), Петрозаводск, Сызрань (Российская Федерация), Слоним (Республика Беларусь), Симферополь (Украина);
- Восточная, в составе четырех станций, расположенных в районах городов Александровск-Сахалинский

¹ Продолжение статьи, опубликованной в журнале «Новости навигации», №3, 2012.

² Молоканов Георгий Федосеевич - Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук, генерал-майор авиации, начальник кафедры (1954 – 74 гг.) и штурманского факультета (1974 – 1988 гг.) ВВА им. Ю.А. Гагарина, с 1988 по 2007 гг. ведущий научный сотрудник 30 ЦНИИ МО.

Соловьев Юрий Арсеньевич - профессор, доктор технических наук, полковник в отставке, с 1976 по 1992 гг. начальник отдела навигации 30 ЦНИИ МО, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского центра авиационной техники и вооружения 4 ЦНИИ МО РФ, президент Российского общественного института навигации, редактор журнала «Новости навигации»

(ведущая), Петропавловск-Камчатский, Усурийск и Охотск;

- Северная, в составе пяти станций, расположенных в районах г. Дудинка (ведущая), п. Таймылыр, о. Панкратьева, г. Инта (ведущая-ведомая) и п. Туманный.

Европейская цепь принята в эксплуатацию в 1972 году; Восточная гораздо позже – в 1986 году; Северная – в 1996 году. Общая площадь рабочих зон всех цепей около 20 млн. кв. км.

В состав подвижной системы типа «Тропик-2П» входят 3–4 станции; площадь рабочей зоны около 1 млн. кв. км. Для работы по системам типа «Тропик» и «Тропик-2П» использовалась и используется авиационная аппаратура потребителей разработки ЛНИРТИ А-711, А-720 [21] и аппаратура А-723 разработки МКБ «Компас» и производства Московского радиозавода «Темп» [22, 59].

Созданием ИФРНС занимались коллективы инженеров, техников и других специалистов ЛНИРТИ. Среди них Полтораки Э. С., Ткачев Б. В., Балов А. В., Осетров Ю. И., Вербин Ю. П., Никитенко Ю. И., Писарев С. Б., Соколов В. Е., Шаргородский С. М., Шабан Б. В. и многие другие. Важную роль в обеспечении функционирования всех РСДН сыграл Центр дальней радионавигации ВВС, возглавляемый последовательно Ивановым Е. А., Пивниченко М. А., Ивановым В. А., Никифоровым И. И., Царевым В. М., Редкозубовым В. Н. и др. В составе Центра активно работали такие специалисты, как Аргунов А. Д., Никулин Ю. М., Любимцев Ю. А. и др.

Значительное место в развитии отечественной автономной навигационной техники заняла научная школа «Авиационные приборы и навигационные системы» кафедры ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, основоположниками и продолжателями которой явились профессора, доктора технических наук Фридендер Г. О., Панов Д. Ю., Боднер В. А., Селезнев В. П., Бабич О. А. и др. [23–28].

Фридендер Г. О., известный по своим работам еще 20-х годов, в 1953 г. защитил докторскую диссертацию по теории авиационных инерциальных навигационных систем (ИНС). Результаты этой работы опубликованы в одной из первых в стране книг в этой области [29].

Исключительно продуктивной работа кафедры была в ту пору, когда ее возглавлял Боднер В. А., который является сам автором и соавтором 11 монографий и 40 других научных трудов в авторитетных изданиях.

К концу 50-х – началу 60-х годов относится создание коллективами Московского института электромеханики и автоматики (МИЭА) и Раменского приборостроительного конструкторского бюро (РПКБ) [30] первых отечественных авиационных инерциальных навигационных систем (например, АНИС-7, 8), которое осуществлялось с использованием теоретических результатов специалистов ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, АН СССР, МГУ им. М. В. Ломоносова и других организаций (Андреев В. Д., Булгаков Б. В., Девянин Е. А., Ишлинский А. Ю., Леонидов В. Л., Парусников Н. А., Ройтенберг Я. Н., Ткачев Л. И., Чесноков Г. И. и др. [31–35]). Естественно, точность первых ИНС была невысокой,

и уходы показаний координат находились на уровне десятков километров за час полета.

Необходимость повысить точность автономного счисления координат летательных аппаратов (ЛА) как курсо-воздушным, так и инерциальным способом привела уже в 50-х гг. усилиями специалистов, в первую очередь НИИ-17 (сейчас «Концерн «Вега»), Колчинского В. Е., Мандуровского И. А. и др., к созданию отечественных доплеровских измерителей скорости и угла сноса (ДИСС) [36]. ДИСС получили совместно с приборами ориентации ЛА широкое распространение на самолетах и, особенно, на вертолетах. К настоящему времени создано более 10 типов ДИСС разных поколений и назначения.

Отметим также, что к концу 50-х – началу 60-х годов специалистами Московского КБ «Восход» («Аэроприбор-Восход») были созданы и использовались на ЛА средства определения воздушной скорости и барометрической высоты – централи скорости и высоты (ЦСВ), а затем и системы воздушных сигналов (СВС), а также информационные комплексы воздушно-скоростных параметров (ИК ВСП), позволяющие более точно определять воздушную скорость, которая используется для курсо-воздушного счисления координат, и барометрическую высоту полета ЛА.

Для определения геометрической высоты ЛА над землей специалистами УПКБ «Деталь», г. Каменск Уральский, были разработаны радиовысотомеры больших и малых высот.

Таким образом, к началу 60-х годов был создан ряд авиационных навигационных средств как автономного определения скорости и координат, так и позиционных средств определения отдельных навигационных параметров ЛА (три координаты, углы относительно строительной оси самолета или известного направления, например, на Север, дальность до точки с известными координатами, азимут и высота светила и т. д.), а также средства ориентации ЛА в пространстве.

Поскольку ни одно из известных средств не давало полного набора навигационных параметров полета с необходимой точностью, сформировалось представление о том, что современные и перспективные летательные аппараты должны оснащаться комплексами навигационных средств – навигационными (НК), пилотажно-навигационными (ПНК), прицельно-навигационными (ПрНК) и прицельно-пилотажными навигационными комплексами (ПрПНК), в центре которых находится бортовая ЦВМ (БЦВМ) или бортовая цифровая вычислительная система (БЦВС) с соответствующими алгоритмами и программами обработки поступающей в нее информации. Навигационные средства соединяются с БЦВМ или БЦВС посредством стандартизованных каналов связи или передачи информации. Задачей комплексов является повышение точности и надежности навигационных определений.

Идеология комплексирования формировалась, в частности, усилиями коллективов специалистов 30 ЦНИИ МО РФ и ЛИИ им. М. М. Громова, где зародились представления о необходимости иметь набор

базовых навигационных комплексов (БНК) для ЛА различных классов, основу которых составляют контуры автономного счисления (инерциального, инерциально-доплеровского, курсо-доплеровского и др.), корректируемые с помощью средств позиционной коррекции. Коллектив 30 ЦНИИ МО РФ возглавлялся Задорожным А. И. и Крутько П. Д., в него, в частности, входили Войтенко В. И., Малаховский Р. А., Меркулов В. П., Соловьев Ю. А. и др. В ЛИИ им. М. М. Громова работы проводились под руководством известного и опытного идеолога комплексирования навигационных систем Новодворского Е. П. Его наиболее активными сотрудниками были Ацюковский В. А., Виноградов О. В., Харин Е. Г. и др. Идеология комплексирования формировалась с использованием идей осуществления коррекции ИНС, выдвинутых, в частности, в ряде работ ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского [27, 28, 44 и др.]. При формировании идеологии комплексирования учитывался также практический опыт и проработки таких организаций, как НИИ-131 («Ленинец») и «Электроавтоматика» по созданию первых ПрНК для самолетов 3-го поколения Ан-22, Су-24, НК для самолета Т-4 и др. Кстати, в этих организациях были созданы одни их первых БЦВМ — «Гном» и «Орбита-10» соответственно. При их создании учитывался опыт разработки в Вычислительном центре № 3 Министерства обороны (МО (вошедшем впоследствии в 30 ЦНИИ МО) первой в стране бортовой ЦВМ, осуществленной под руководством Семенова В. М. и Кибкало В. И. [75].

Первоначально были представлены схемы комплексирования навигационного оборудования, которые в основном строились с использованием результатов теории систем управления с постоянными коэффициентами и были рассчитаны на стационарные условия [27, 28 и др.]. Их использование приводило к существенным ошибкам и невозможности коррекции ИНС на этапе автономного полета после прекращения действия корректора по тем или иным причинам (воздействие помех, маневрирование подвижного объекта, появление облачности и т. д.).

Поэтому в 60-х годах был проведен ряд работ [37–41 и др.] в области продвижения методов статистической динамики в практику создания систем управления, опирающихся на результаты по оптимальной фильтрации и статистическому оцениванию таких ученых, как Пугачев В. С., Семенов В. М., Калман Р. и др. При этом снимались предположения стационарности модели погрешностей корректора, а модели погрешностей ИНС и других измерителей, естественно, записывались в виде дифференциальных уравнений. Имеющиеся нелинейности могли учитываться с помощью линеаризации и использования модификаций алгоритмов, которые получили название алгоритмов комплексной обработки информации (КОИ).

Таким образом, появилась возможность решения задач обработки навигационной информации в нестационарных условиях, например, при использовании в полете для коррекции ИНС данных угломерно-дальномерных систем типа

РСБН, ВОР/ДМЕ, РСДН и др. [37–41]. В части реализации такой возможности необходимо назвать работы Ю. Л. Граната («Электроавтоматика», г. Ленинград), О. В. Виноградова и Е. Г. Харина (ЛИИ им. М. М. Громова, г. Жуковский), опубликовавших впоследствии свои результаты в монографиях [42–43], а также работы таких исследователей 30 ЦНИИ МО, как Войтенко В. И., Малаховский Р. А., Меркулов В. П., Немилев Ю. Я., Соловьев Ю. А., впоследствии — Аверкиев В. С., Радченко С. А., Можаров Ю. А., Михалочкин Н. А., Щегельский Е. В., Трубицын Г. В., Борисов И. А., Гордиенко Н. С., Панов А. С. и др.

Ряд важных результатов в этом направлении был получен сотрудниками ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского во главе с профессором Бабиным О. А. и опубликован впоследствии в книге [44]. Существенные результаты в области комплексирования навигационных систем получены в ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского академиком Красовским А. А. Многие из них опубликованы, в частности, в книге [45]. Результаты по комплексированию навигационного оборудования нашли продолжение в работах таких организаций как МИЭА, РПКБ, «Электроавтоматика», «Ленинец» и др.

Необходимо особо отметить разработку коллективом ученых ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского (Белоглазов И. Н., Чигин Г. П.) во главе с академиком Красовским А. А. специального раздела комплексирования — теории и алгоритмов корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС), позволяющих по геофизическим полям определять пространственное положение летательного аппарата (ЛА) и элементы его движения и с высокой точностью корректировать инерциальные и другие автономные системы счисления [46, 47]. Практическая реализация этих результатов проводилась в промышленности в 70-х — 80-х годах коллективами специалистов РПКБ во главе с Зеленковым С. В., Магнусовым В. С., Джанджгавой Г. И. [47] и ГосНИИАС во главе с академиком Федосовым Е. А. За участие в практическом создании и использовании КЭНС, работающих по рельефу местности, академику Красовскому А. А. было присвоено высокое звание Героя Социалистического труда.

Идеология создания БНК послужила основой для формирования требований к комплексам навигационного оборудования летательных аппаратов 4-го поколения — самолетов Ту-160, Ан-124, Су-27, МиГ-29, вертолетов Ми-26, Ми-28 и Ка-50, а также модернизированных ЛА и ЛА поколений 4+ и 4++, создаваемых коллективами таких организаций, как «Электроавтоматика», «Ленинец», РПКБ, МИЭА при участии ГосНИИАС, ЛИИ им. М. М. Громова и др. Многие ее положения остаются верными и для навигационного оборудования ЛА дальнейшей перспективы.

Важным направлением развития воздушной навигации в этот период было совершенствование управления движением ЛА по заданной траектории за счет повышения точности и непрерывности этого процесса. Возросшая точность потребовала привлечения

геодезических методов вычисления расстояний и направлений на поверхности земного эллипсоида, методов математической статистики и т. д. Это обусловило появление новых методов алгоритмизации процессов навигации и управления с применением оптимизационных способов решения многих навигационных задач [48, 49].

Для оценки точности движения ЛА по заданной (как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости) траектории впервые была применена теория случайных процессов, на основе которой были осуществлены теоретические расчёты числа и продолжительности выходов ЛА за допустимые пределы (при следовании по трассам, эшелонам высот и т. д.) [50].

Только на пути совершенствования управления движением ЛА можно было добиться освоения полетов в сложных метеоусловиях и ночью, что привело к дальнейшему развитию новых технических средств, применению которых были посвящены многие исследования.

В результате были подготовлены новые капитальные учебники, наставления и руководства, которые после их утверждения выходили официальными изданиями. Многие научные монографии и статьи публиковались в государственных издательствах, издательствах АН СССР и др. В них рассматривались проблемы точности и надёжности навигации ЛА, расчёта оптимальных по быстродействию маршрутов и маневров выхода на цель и другие задачи [51–52 и др.].

Необходимость глубокого рассмотрения расширяющегося круга проблем воздушной навигации привела к её дифференциации, выразившейся в отпочковании ряда вопросов маневрирования самолетов, построения их боевых порядков и перехвата воздушных целей, которые стали самостоятельными научными и учебными дисциплинами.

Все это способствовало повышению теоретического уровня исследований по широкому кругу научных проблем авиационной навигации, включая и основы навигации космических летательных аппаратов. Например, этими вопросами кафедра ВВА им. Ю. А. Гагарина начала заниматься с 1960 г., принимая непосредственное участие в навигационной подготовке первого отряда космонавтов, в который входил и Ю. А. Гагарин.

Развитие научной школы развития методов воздушной навигации связано с работой ведущих ученых кафедры ВВА им. Ю. А. Гагарина, защитивших кандидатские и докторские диссертации. За рассматриваемый период подготовлены более 40 кандидатов, а 6 её воспитанников стали докторами наук (Молоканов Г. Ф., Воробьев Л. М., Крылов Г. О., Каменский В. Н., Одинцов В. А., Зубов Н. П.).

Наряду с созданием комплексов навигационного оборудования, включающих наборы навигационных и вычислительных средств и соответствующее математическое обеспечение, продолжались работы по созданию и совершенствованию отдельных автономных и радиотехнических средств и систем. При этом целесообразно выделить развитие отечественной

авиационной инерциальной техники. С начала 60-х гг., точность ИНС была повышена почти на два порядка. Если первые ИНС имели уходы на уровне десятков километров в час, то такие платформенные ИНС как И-21 (МИЭА) и ИНС-2000 (РПКБ) на механических гироскопах в состоянии обеспечить ошибки на уровне 1,85 км за час полета. С конца 70-х — начала 80-х гг. усилиями таких организаций как МИЭА, «Полюс», РПКБ и др. идет создание бесплатформенных ИНС (БИНС) на кольцевых лазерных гироскопах (КЛГ) [53], обладающих по сравнению с платформенными системами лучшими массо-габаритными и эксплуатационными показателями.

Созданием авиационных ИНС занимались и продолжают заниматься коллективы специалистов МИЭА (Голованов Н. А., Голубев А. М., Измайлов Е. А., Клебанов Л. Г., Портнов Б. И., Чесноков Г. И., Яковлев В. А. и др.), РПКБ (Августов Л. И., Герасимов Г. И., Прозоров С. В., Редькин С. П., Самохин, Соловьев В. М., Черноморов А. С. и др.), НПК «Электрооптика» (Болотнов С. А., Людомирский М. Б.) и др. Значительный вклад в дело создания БИНС внесла украинская навигационная школа еще в 70-х — 80-х гг., созданная, в частности, специалистами Киевского военного авиационного инженерного училища и АН УССР, в том числе такими известными учеными, как Захарин М. И. [54] и др.

В 1971 г. Постановлением Совета Министров СССР и ЦК КПСС была задана комплексная опытно-конструкторская работа (ОКР) по модернизации системы РСБН в целом и разработке отдельных её составляющих — наземных радиомаяков «Поле-Н», «Поле-П», «УДАРМ», бортового оборудования РСБН «Радикал» и цифрового вычислителя «Маневр» [17]. Результаты этой работы имели существенное значение, в первую очередь, в части создания и развития бортового оборудования РСБН 3-го поколения «Радикал» и его модификаций (РСБН-85, РСБН-85В и др.), которые нашли применение на всех типах самолетов военной авиации. Цифровой вычислитель «Маневр» также нашел массовое применение на истребителях. Кроме того, его разработка заставила активнее работать в области создания БЦВМ других производителей.

Наземный радиомаяк «Поле-П» и соответствующий бортовой приемник были разработаны в двухсантиметровом диапазоне волн и в дальнейшем в авиации применения не нашли, но послужили базой для создания в соответствии с международным решением микроволновой системы посадки (MLS) в диапазоне 6 см. Такая система была создана, но ее использование было поставлено под вопрос событиями перестройки, постперестройки, а также развитием спутниковых радионавигационных систем.

Результаты работы по Постановлению 1971 г. нашли применение при создании комплекса ближней навигации, посадки и УВД авиационно-космической системы «Бурани», за что руководитель работы директор ВНИИРА Громов Г. Н. получил звание Героя Социалистического труда.

Боевой опыт и теоретические исследования показали, что чем точнее воздушная навигация решает свои основные задачи — полет по маршруту и вывод ЛА на цель — тем выше эффективность боевых действий авиации и безопасность её полетов. Это предопределило создание спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Важность этого факта подтверждается международным признанием и разработкой систем — отечественной ГЛОНАСС, зарубежных GPS, Galileo, Compass и др., позволяющей сосредоточить в этой области большие ресурсы промышленности, а также использовать соответствующие достижения в других сферах.

В создание спутниковых радионавигационных систем значительный вклад внес, в частности, коллектив учёных Ленинградской Военно-воздушной инженерной академии (ЛВВИА) им. А. Ф. Можайского (Шебшаевич В. С. и др.), в период с 1955 по 1957 гг. проводивший исследования возможностей радиоастрономических методов для самолетовождения. Научные основы низкоорбитальных СРНС были существенно развиты в процессе выполнения исследований по теме «Спутник» (1958–1959 гг.), которые осуществляли ЛВВИА им. А. Ф. Можайского, Институт теоретической астрономии АН СССР, Институт электромеханики АН СССР, 9 НИИ ВМФ, Горьковский НИРФИ и др. [55, 56].

В 70-х годах сотрудниками 30 ЦНИИ МО Крутько П. Д. и Мишениным В. У. были проведены исследования возможностей использования для целей навигации ЛА низкоорбитальной спутниковой системы первого поколения, созданной в первую очередь в интересах обеспечения судов ВМФ [57]. Эти и другие, последовавшие за ними работы, позволили определить взгляды специалистов и командования ВВС на создание в 70-х — 80-х годах и использование СРНС второго поколения ГЛОНАСС со спутниками на средневысоких орбитах [56, 58]. Им исключительно большое внимание уделял, в частности, главнокомандующий ВВС Главный маршал авиации Кутахов П. С. Его известные поговорки «Без навигации нет авиации», «Каждая бомба — в цель», «Не вижу, но поражаю» как нельзя лучше выражали отношение командования ВВС в ту пору к этим вопросам. Приведенные поговорки остаются актуальными и в настоящее время.

Как известно, запуск первого спутника «Глонасс» был осуществлен 12 октября 1982 г. [56, 58]. Полностью орбитальную группировку (ОГ) в составе 24 спутников (космических аппаратов, КА) удалось развернуть только в 1995 году. К сожалению, вследствие недостаточного финансирования и надежности спутников ОГ стала деградировать, и к 2000 годам число работающих КА было порядка 7 (2002 г. [56]). Все это потребовало значительных усилий по разработке новых КА «Глонасс-М», их запуску на орбиты и воссозданию ОГ. С конца 2011 года система работает в полном составе 24 КА, использующихся по целевому назначению.

Особо следует отметить работу специалистов промышленности по созданию авиационной спутниковой бортовой аппаратуры (БА). Ее первый образец создавался коллективом специалистов ЛНИРТИ (РИРВ)

под руководством Ю. М. Устинова. Бортовая аппаратура (БА) 2-го и 3-го поколений создавалась коллективами специалистов Московского конструкторского бюро (МКБ) «Компас» [59], известного своими работами по созданию АРК и приемной аппаратуры РСДН. Среди ее создателей Кинкулькин И. Е., Арефьев В. К., Карюкин Г. Е. и др. Важную роль продолжают играть при создании спутниковой аппаратуры такие фирмы как РИРВ, КБ «Навис» и др.

В период недавних испытаний авиационной навигационной бортовой аппаратуры 3-го поколения А-737 на самолетах семейства Ил-76 погрешности определения координат по системе ГЛОНАСС с вероятностью 0,95 находились в пределах 8,3...8,6 м, а высоты над опорным эллипсоидом — 20,4 м. При этом ошибки определения скорости полета находились в пределах 0,3...0,34 м/с [60].

В настоящее время в отечественной промышленности осуществляется размещение на бортах ЛА спутниковой бортовой аппаратуры в ходе модернизации, а также производства новых самолетов и вертолетов. При размещении спутниковой аппаратуры в составе НК обязательным является требование комплексирования ее информации с данными автономного счисления (инерциального, курсо-доплеровского) на уровне первичной и вторичной обработки с переходом на чисто автономное счисление при прекращении работы БА СРНС [61]. Важные результаты при разработке этого вопроса и соответствующих алгоритмов обработки сигналов и информации получены профессорами Военно-воздушной инженерной академии им. проф. Н. Е. Жуковского Ярлыковым М. С., Мироновым М. А., Аникиным А. Л., Харисовым В. Н. [62–65] и др. — продолжателями дела отечественных ученых, основателей нелинейной оптимальной фильтрации случайных процессов Стратоновича Р. Л. и Тихонова В. И.

Вторым важным требованием является оснащение БА СРНС антенными подавителями помех, способными за счет адаптивной пространственной и пространственно-временной обработки сигналов сформировать «нули» диаграммы направленности в направлении на источники помех и создавать наилучшие условия для приема спутниковых сигналов [56].

Известны конкретные примеры внедрения аппаратуры спутниковой навигации. Так, в статье [66] сообщается о модернизации на ремонтном заводе в Кубинке штурмовика Су-25 посредством размещения на нем нового прицельно-навигационного комплекса ПРНК-25СМ «Барс» со спутниково-инерциальной системой (ИНС+ГЛОНАСС/GPS). В результате точность навигации и неуправляемого авиационного вооружения возросла в 2...3 раза и в режиме бомбометания стала практически эквивалентной точности авиационных управляемых средств поражения. Навигационное бомбометание стало для штурмовика обычной задачей.

В статье [67] отмечается, что в ПРНК-25СМ достигается «точность определения координат «15 м с коррекцией по ИСЗ и 200 м без спутниковой коррекции». Как показали испытания, точность бомбометания с горизонтального полета на высотах 200...300 м составила величину порядка 5...10 м, что соизмеримо с точностью

применения корректируемых авиабомб типа JDAM. А это значит, что для поражения заданной цели требуется наряд самолетов Су-25СМ, в 3..4 раза меньший, чем для Су-25.»

Высокоточная навигация открыла невиданные возможности не только точного следования ЛА по заданной траектории от взлета и до посадки включительно независимо от условий видимости, но и точного применения авиационных средств поражения, значительно повысив эффективность боевых действий авиации. Так, спутниковая аппаратура размещена на корректируемой авиабомбе КАБ-500С-Э, демонстрировавшейся на салоне МАКС-2003 на стенде предприятия «Регион» [68].

В статьях [69,70] опубликованы результаты успешных пусков с высокоточным поражением целей 4-х ракет Х-555 с комбинированной системой наведения, включающей автономную инерциально-доплеровскую систему, спутниковый приемник, систему корреляционно-экстремальной коррекции по рельефу и оптическим изображениям. При этом «две ракеты влетели в окна здания, еще две в дверь, т. е. в те места, где были выставлены соответствующие отметки».

Планируется также использование локальных дифференциальных подсистем СРНС для обеспечения захода на посадку ЛА по категориям ИКАО. С этой целью ООО «НППФ «Спектр» (руководитель Завалишин О. И.) создана подсистема ЛККС-А-2000, сертифицированная по I-й категории. Она в настоящее время размещается на аэродромах гражданской авиации, которые могут использоваться и военной авиацией, и проходит дальнейшие испытания с целью определения возможностей ее применения в условиях II и IIIА категорий ИКАО [71].

Сравнение точностных характеристик определения координат [19] рассмотренными здесь позиционными средствами коррекции показывает, что за истекший период они были улучшены на несколько порядков. Действительно, среднеквадратические погрешности снижены с нескольких километров – сотен метров (астроприборы, РСДН, РСБН) до десятков – единиц метров (СРНС ГЛОНАСС).

Высокоточная навигация представляет собой новый и более высокий уровень воздушной навигации. Она требует новых подходов к решению многих проблем совместного обеспечения как точности, так и надежности навигационных определений, а также управления летательными аппаратами в этих условиях [72]. Обеспечение точности и надежности связано с повышением устойчивости ГЛОНАСС к помеховым воздействиям различного рода, с созданием прецизионных автономных систем, работающих на новых принципах и т. д. Представляется, что при реализации высоких точностных характеристик определения параметров полета следует полнее использовать развитую академиком Понтрягиным Л. С. и Красовским Н. Н. фундаментальную теорию оптимального управления движением, так как навигация призвана обеспечить именно управляемое движение ЛА по заданной траектории и его вывод в назначенное время в заданное конечное состояние [73]. Перед специалистами стоит

задача освоения всего теоретического богатства, которое накоплено в математике, смежных областях науки и техники для более эффективного решения задач высокоточной воздушной навигации.

В заключение необходимо отметить, что развитие воздушной навигации происходило при тесном сотрудничестве специалистов академической и прикладной науки всех ведомств, высшей школы, промышленности и Министерства обороны, включая научно-исследовательские, испытательные организации, штурманские службы и высшие учебные заведения ВВС.

Признанием государственной важности навигации является создание в Академии наук СССР Научного совета по проблемам навигации и управления движением, которым руководил академик Петров Б. Н., а затем академик Федосов Е. А. Совет много сделал для определения перспективных направлений развития навигации, взаимного информирования и консолидации научных работников всех ведомств, для решения наиболее актуальных проблем развития технических средств и методов навигации.

Заслуживают внимания усилия общественных научных организаций, таких как Академия навигации и управления движением (АНУД), возглавляемая ее президентом – академиком РАН Пешехоновым В. Г., и Российский общественный институт навигации (РОИН), являющиеся членами Международной ассоциации институтов навигации, Ассоциация ГЛОНАСС-Форум, Ассоциация транспортной телематики и др., которые проводят большую и важную работу по организации ряда известных научных мероприятий: Санкт – Петербургские международные конференции по интегрированным навигационным системам, конференции памяти Н. Н. Острякова, конференции молодых ученых «Навигация и управление движением» (АНУД и ЦНИИ «Электроприбор»), научно-технические конференции «Современное состояние и проблемы навигации и океанографии» Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института Министерства обороны России, «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения» (РОИН, Межгосударственный совет «Радионавигация», НТЦ «Интернавигация», Московский автомобильно-дорожный университет), Международный форум по спутниковой навигации (Ассоциация ГЛОНАСС-Форум), научно-практический семинар «Летная эксплуатация воздушных судов» и заседания Секции воздушного транспорта РОИН, проводимые под руководством профессора Белгородского С.Л. (РОИН, ГосНИИ «Аэронавигация»), и др. Работа этих организаций позволяет привлечь для решения важных задач значительные научные силы и улучшить координацию работ по дальнейшему развитию воздушной навигации.

Демонстрацией уровня и возможностей отечественных технических средств навигации явилась представленная на Международном авиакосмическом салоне 2011 года в г. Жуковском экспозиция навигационной техники, которая выявила определенный прогресс

в части создания бортовой аппаратуры спутниковой навигации, отечественных БИНС, доплеровских измерителей скорости-сноса, радиовысотометров, бортовых вычислительных средств. Это свидетельствует о том,

что отечественная приборостроительная промышленность способна обеспечивать навигационным оборудованием продукцию авиационной индустрии и смежных областей, гражданскую и военную авиацию [74].

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиация и воздухоплавание в России в 1907–1914 гг. Сборник документов и материалов /составители Шауров Н. И., Сидорова М. А., вып.4 (1912г), АН СССР, Главное архивное управление ЦГВИА.— М.:1971.— 226 с.
2. Авиация и воздухоплавание в России в 1907–1914 гг. Сборник документов и материалов /составители Шауров Н. И., Сидорова М. А., под ред. Попова В. А., вып. 1 (1907–1909 гг.), АН СССР, Главное архивное управление ЦГВИА.— М.: 1966.—144 с.
3. Авиация и воздухоплавание в России в 1907–1914 гг. Сборник документов и материалов /составители Шауров Н. И., Сидорова М. А., вып. 6 (до августа 1914 г.), АН СССР, Главное архивное управление ЦГВИА.— М.: 1972.—142 с.
4. Молоканов Г. Ф. К истории воздушной астронавигации, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2005, № 2.
5. Калихман Д. М. Забытые имена: две судьбы в разломе русской революции, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2011, № 4.
6. Стерлигов Б. В. Маршрутами мира и войны, записки авиаштурмана.— М.: ООО «АЛЕВ-В, 2001.— 384 с.
7. Стерлигов Б. В., Коренев Г. В., Френкель Г. С. и др. Руководство по воздушной навигации, под ред. Стерлигова. Аэронавигационный отдел НИИ ВВС РККА.— М.: Госиздат, 1930.—535 с.
8. Наставление по аэронавигационной службе ВВС РККА (НАНС-32).— М.: ред. изд. сектор УВВС РККА, 1932.— 238 с.
9. Сергеев Л. П. Руководство по воздушной астрономии, ч. I и II, под ред. Г. С. Френкеля.— М.: отдел издательства Народного комиссариата обороны Союза ССР, 1934,— 328 с.
10. Торгман А. И., Кудрявцев Н. Ф., Сергеев Л. П., Горшков М. Ф. Учебник по аэронавигации.— М.: Воениздат, 1943.
11. Беляков А. В. В полет сквозь годы.— М.: Воениздат, 1981.—350 с.
12. Задорожный А. И. К истории отечественной авиационной связи и радионавигации. Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2001, № 4.
13. Павлов П. А. Авиационные гироскопические приборы.— М.: Оборонгиз, 1954.
14. Ратц Б. Г. Аэронавигация.— Чкалов: Изд-во ВВА, 1943.— 241 с.
15. Приводная радиостанция ПАР-8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.— М.: Воениздат, 1959.
16. Задорожный А. И. К 50-летию создания инструментальной системы посадки самолетов СП-50. Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2003, № 3.
17. Бабуров В. И., Герчиков А. Г., Воскресенский В. А., Максименко М. Д., Мищенко Е. П., Наливайко Д. А. Национальная радиотехническая система ближней навигации, история создания, состояние и перспектива развития. Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2005, № 1.
18. Молоканов Г. Ф. На заре высокоточной навигации. Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2011, № 2.
19. Радионавигационный план Российской Федерации, НТЦ «Интернавигация» (Минпромторг), 2011.
20. Болюшин С. Б., Головушкин Г. В., Гузман А. С., Олянюк П. В., Семенов Г. А. Радионавигационные системы сверхдлинноволнового диапазона.— М.: Радио и связь, 1985.— 264 с.
21. <http://www.rirt.ru>
22. <http://www.mrz-temp.ru/produktsiya-moskovskogo-radiozavoda-temp.html>
23. Фомкин Б. А. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского — 90 лет на службе авиации, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2010, № 3.
24. Боднер В. А., Фридлиндер Г. О., Чистяков Н. И. Авиационные приборы.— М.: Оборонгиз, 1960.
25. Боднер В. А., Селезнев В. П. Теория невозмущаемых систем с тремя каналами автокомпенсации ускорений от сил тяготения, Известия АН СССР, ОНТ, «Энергетика и автоматика», 1960, № 3.
26. Боднер В. А., Селезнев В. П. Теория инерциальных систем без гироскопической платформы, Известия АН СССР, ОНТ, «Энергетика и автоматика», 1961, № 1.
27. Боднер В. А., Овчаров В. Е. Селезнев В. П. О синтезе инвариантных демпфированных инерциальных систем с произвольным периодом, ДАН СССР, 1959, т. 125, № 5.
28. Боднер В. А., Селезнев В. П., Овчаров В. Е. К теории инерциальных демпфированных систем с произвольным периодом, инвариантных по отношению к маневрированию объекта.— Изв. АН СССР, ОТН, Энергетика и автоматика, № 3, 1959.
29. Фридлиндер Г. О. Инерциальные системы навигации.— М.: Физматгиз, 1961.
30. <http://www.rpkb.ru>
31. Андреев В. Д. Теория инерциальной навигации. Автономные системы.— М.: Наука, 1966.— 580 с.
32. Ишлинский А. Ю. Об уравнениях задачи определения местоположения движущегося объекта посредством гироскопов и измерителей ускорений. Прикладная математика и механика, т. XXI, вып. 6, 1957.
33. Ткачев Л. И. О 84-минутном периоде для систем со связанными и свободными гироскопами. Прикладная математика и механика, т. XIII, вып. 2, 1949.
34. Булгаков Б. В., Ройтенберг Я. Н. К теории силовых гироскопических горизонтов, Известия АН СССР, ОТН, вып.3, 1948.
35. Ройтенберг Я. Н. Автоколебания гироскопических стабилизаторов. Прикладная математика и механика, т. XI, вып. 2, 1947.
36. Колчинский В. Е., Мандуровский И. А., Константиновский М. И. Автономные доплеровские устройства и системы навигации летательных аппаратов.— М.: Сов. радио, 1975.
37. Соловьев Ю. А. Оценка потенциальной точности комплексных навигационных систем, Доклад на 21-й НТК ЛИАП, Ленинград, 1–3.02.1968.

38. Соловьев Ю. А. Потенциальная точность комплексных навигационных систем движущихся объектов: Проблемы навигации и автоматического управления, вып. 3, АН СССР. Отделение механики и процессов управления, 1971.— С.111—123.
39. Соловьев Ю. А. К задаче аппроксимации многомерных линейных фильтров, Известия АН СССР, Тех. кибернетика, № 6, 1970.— С. 211—214.
40. Войтенко В. И., Малаховский Р. А., Соловьев Ю. А. Вопросы оптимальной обработки информации в комплексных навигационных системах: Проблемы навигации и автоматического управления, вып. 3, АН СССР. Отделение механики и процессов управления 1971.— С.101—110.
41. Малаховский Р. А., Соловьев Ю. А. Оптимальная обработка информации в комплексных навигационных системах самолетов и вертолетов, Зарубежная радиоэлектроника, 1974, № 3.
42. Харин Е. Г., Виноградов О. В. и др. Под ред. Харина Е. Г. Летные испытания пилотажно-навигационных комплексов самолетов и вертолетов.— М.: Машиностроение, 1985.— 128 с.
43. Харин Е. Г. Комплексная обработка информации навигационных систем летательных аппаратов.— М.: Изд-во МАИ, 2002.— 264 с.
44. Бабич О. А. Обработка информации в навигационных комплексах.— М.: Машиностроение, 1991.
45. Красовский А. А. Пилотажно-навигационные комплексы (учебное пособие).— М.: Издание ВВИА им проф. Н. Е. Жуковского, 1975.
46. Красовский А. А., Белоглазов И. Н., Чигин Г. П. Теория корреляционно-экстремальных навигационных систем.— М.: Наука, 1979.
47. Белоглазов И. Н., Джанджгава Г. И., Чигин Г. П. Основы навигации по геофизическим полям,— М.: Наука, 1985.— 328 с.
48. Краткий исторический очерк кафедры самолетовождения и штурманской службы.— Монино: ВВА им. Ю. А. Гагарина, 1997.— 52 с.
49. Рачковский Н. Г. Основы теории автоматизированного самолетовождения.— М.: Машиностроение, 1966.— 128 с.
50. Молоканов Г. Ф. Точность и надежность навигации летательных аппаратов.— М.: Машиностроение, 1967.—216 с.
51. Молоканов Г. Ф. О законе управления самолетом, перелетающим из одного пункта в другой в кратчайшее время, Известия АН СССР, Техническая кибернетика, 1966, № 1.
52. Молоканов Г. Ф. Кинематические алгоритмы управления ЛА при выходе на цель и выполнении маневров, Известия РАН, Техническая кибернетика, 1966, № 3.
53. Веремеенко К. К., Кошелев Б. В., Соловьев Ю. А. Анализ состояния разработок интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2010, № 4.
54. Захарин М. И., Захарин Ф. М. Кинематика инерциальных систем навигации.— М.: Машиностроение, 1968.— 236 с.
55. Шебшаевич В. С. Развитие теоретических основ спутниковой радионавигации ленинградской радиокосмической школой//Радионавигация и время, РИРВ, 1992, № 1.
56. Соловьев Ю. А. Спутниковая навигация и её приложения.— М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2003.—324 с.
57. Медведков Ю. В. О создании космических навигационных низкоорбитальных систем, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2011, № 1.
58. Болдин В. А., Перов А. И., Соловьев Ю. А., Харисов В. Н., Ярлыков М. С. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС/ Под ред. Харисова В. Н., Перова А. И., Болдина В. А.— М.: ИПРЖР, 1998.— 560 с.
59. <http://mkb-kompas.ru/>
60. Ильин В. Б. и др. Результаты летных испытаний аппаратуры спутниковой навигации на модернизированных самолетах семейства Ил-76, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2012, № 1.
61. Соловьев Ю. А. Комплексирование глобальных спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS с другими навигационными измерителями, Радиотехника, 1999, № 1.— С. 3—21.
62. Ярлыков М. С., Базаров А. А., Салямех С. С. Помехоустойчивый навигационно-посадочный комплекс на основе спутниковой радионавигационной системы, Радиотехника, 1996, № 12.
63. Ярлыков М. С., Чижов О. П. Субоптимальные алгоритмы приема и комплексной обработки квазикогерентных сигналов спутниковой радионавигационной системы, Радиотехника, 1996, № 1.
64. Миронов М. А., Прохоров С. Л. Комплексные радионавигационные системы с отдельной обработкой сигналов, Радиотехника, 1996, № 1.
65. Харисов В. Н., Горев А. П. Исследования характеристик алгоритма глубокой интеграции СРНС/ИНС, Радиотехника, 2001, № 7, (Статистический синтез радиосистем, № 6).
66. Авдеев Ю. «Грачи» живут долго. Красная Звезда, № 32 (24308), 26.02.2005.
67. Бабак В. П. СУ-25СМ — «Воздушный пехотинец» XXI века, Аэрокосмическое обозрение, 2004, № 3.— С. 36.
68. Борисов М. Высокоточное возмездие. В России завершаются испытания управляемой авиабомбы КАБ-500С-Э со спутниковым наведением. Военно-промышленный курьер (ВПК) № 18 (85), 25—31 мая 2005 года.
69. Фаличев О. Полет на сверхзвуке, ВПК, № 31 (98), 24—30 августа 2005 г.
70. Мясников В. Крылатая ракета, испытанная президентом. Новое — это хорошо модернизированное старое. Независимое военное обозрение, № 32 (441), 26 августа — 1 сентября 2005 г.
71. Завалишин О. И. Результаты испытаний GBAS II/III категории разработки ООО «НППФ «Спектр», Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2010, № 4.
72. Молоканов Г. Ф. Кинематические алгоритмы при выходе на наземную цель, Известия РАН, Теория и системы управления, 1997, № 6.
73. Молоканов Г. Ф. О воздушной навигации, как науке управления движением. Новости навигации, 2005, № 4.
74. Соловьев Ю. А. Оборудование навигации, посадки, наблюдения и УВД на МАКС-2011, Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2011, № 3.
75. 30 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации. 50 лет в авангарде военной авиационной науки: Монография/ под ред. Ю. П. Балыко.— М.: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К°», 2010.— 176 с.



ОТЧЕТ

«МАРКЕТИНГОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (НАП ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO) В 2004 – 2010 гг.»

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

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

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

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

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

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

Структура отчета опубликована на сайте ОАО «НТЦ «Интернавигация» www.internavigation.ru

***Полная версия отчета распространяется
ОАО «НТЦ «Интернавигация»
Контактный тел. (495) 626-25-01.
Генеральный директор – Виктор Михайлович Царев***

Ярлыков М. С., Богачев А. С., Меркулов В. И., Дрогалин В. В. Радиозлектронные 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 радиозлектронных 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. Радиозлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Том 2. Применение авиационных радиозлектронных 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 радиозлектронных 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 «Электрон», 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 «Электрон», 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 комплексов, получивших наибольшее распространение при построении интегрированных инерциально-спутниковых систем.

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

Вышла вторая часть книги

Степанов О. А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации». Ч. 2. Введение в теорию фильтрации. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электрон», 2012.

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., Лапко А. П., Мальцев Г. И., Буцнев 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.— 360 с. 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

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 (четырёхкомпонентного 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.

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

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

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

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

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

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

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

«XVI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 25–27 мая 2009, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-900780-66-5). (На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

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

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

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

«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).

«19th St Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 28–30 May, 2012, 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) 499–8157; факс: (812) 232–3376;
e-mail: ICINS@eprib.ru



КАЛЕНДАРЬ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2012 – 2014 ГГ.

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

JANUARY 28–30 2013

ION International Technical Meeting

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

www.ion.org

JANUARY 29–30 2013

Fifth Conference on European Union Space Policy

Brussels, Belgium. 5th conference on European Union space policy will take place at the European Commission's Charlemagne Building, in Brussels, Belgium.

www.insidegnss.com

FEBRUARY 12 2013

NAV Series: Unmanned Air Vehicles

London, UK. Royal Institute of Navigation, Teddington.

<http://www.gpsworld.com>

FEBRUARY 21, 2013

NAV Series: Maritime

London, UK. Royal Institute of Navigation, Southampton.

<http://www.gpsworld.com>

FEBRUARY 26 – MARCH 28 2013

2013 Munich Navigation Satellite Summit

Munich, Germany

The Munich Navigation Satellite Summit 2013 will be held in the famous «Residenz München», Germany. It has been established as a top European and International conference with global impact, featuring invited high-ranking worldwide speakers from industry, science and governments dealing with the directions of satellite navigation now and in the future.

<http://www.gpsworld.com>

APRIL 11–13 2013

BioNav

The application of animal navigation techniques in autonomous vehicles

The First International Conference on Bionav, hosted by the Animal Navigation Special Interest Group of the Royal Institute of Navigation. London, UK

www.rin.org.uk

APRIL 18–20 2013

7th GNSS Vulnerabilities and Solutions Conference

Baška, Krk Island, Croatia. This annual conference on the Croatian Adriatic aims at GNSS experts and covers the

risks and vulnerabilities of the global navigation satellite systems and efforts to improve accuracy and reliability.

www.insidegnss.com

APRIL 22–25 2013

Institute of Navigation Pacific PNT Conference 2013

Honolulu, Hawaii. ION's brand new event, PACIFIC PNT, brings together policy and technical leaders from the Pacific Rim for policy updates, program status and technical exchanges on positioning, navigation and timing.

www.insidegnss.com

APRIL 23 2013

ENC 2013

European Navigation Conference 2013

Vienna, Austria

www.insidegnss.com

АПРЕЛЬ 24–25 2013

ГЛОНАСС/ГНСС-ФОРУМ

VII Международный форум по спутниковой навигации

Москва, Россия, «Экспоцентр».

www.glonass-forum.ru

MAY 6–10 2013

IEEEICRA

International Conference on Robotics and Automation

Karlsruhe, Germany

<http://www.insidegnss.com>

MAY 13–16 2013

Geospatial World Forum 2013

Beurs-World Trade Center, Rotterdam, The Netherlands. The theme of this year's Geospatial World Forum and industry exhibition is «Monetising Geospatial Value and Practices».

www.insidegnss.com

MAY 15–17 2013

CSNC 2013

China Satellite Navigation Conference

Wuhan, China. The fourth China Satellite Navigation Conference has issued a call for papers.

The theme of CSNC 2013 is «BeiDou Application – Opportunities and Challenges.» The event will include an academic exchange and a commercial exhibition and technical forum.

www.gpsworld.com

МАЙ 27–29 2013

XX Санкт-Петербургская Международная конференция по интегрированным навигационным системам

Санкт-Петербург, Россия, ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 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/icins2013/rindex.php>

MAY 29–31 2013

5th International Conference on Spacecraft Formation Flying Missions and Technologies (SFFMT 2013)

Munich, Germany. Organized by the German Aerospace Center (DLR) Space Operations Center (GSOC), the event is supported by numerous national space agencies and related aerospace organizations. Organizations interested in cosponsoring the event should contact the chairman for SFFMT 2013, Simone D'Amico, of DLR-GSOC.

www.insidegnss.com

JUNE 12–14 2013

RAST 2013

6th Conference on Recent Advances in Space Technologies

Istanbul, Turkey. The sixth conference on Recent Advances in Space Technology (RAST 2013) will take place at the Harbiye Military Museum close to the Istanbul Convention Center (ICEC) in downtown Istanbul, Turkey.

www.insidegnss.com

JUNE 19–21 2013

TRANSNAV 2013

Marine Navigation and Safety on Sea Transportation
Gdynia, Poland

<http://www.insidegnss.com>

JULY 16–18 2013

GNSS Society 2013 Conference & Exhibition

The IGNSS Society will be holding the 2013 conference & exhibition at the Outrigger Hotel, Gold Coast, Queensland, Australia. Information regarding Call for Abstracts and the Sponsorship & Exhibition Prospectus will be posted to the website shortly.

www.gpsworld.com

SEPTEMBER 17–20 2013

ION GNSS 2013

Nashville Convention Center, Nashville, Tennessee, USA.

www.ion.org

SEPTEMBER 2013

APEC-GIT/18

Asia-Pacific Economic Cooperation GNSS Implementation Team Meeting

Bali, Indonesia (TBC). The APEC GIT/18 meeting is planned to be held in conjunction with the APEC Transportation Working Group (TPTWG) Meeting to be held in Bali, Indonesia in September 2013.

www.insidegnss.com

JANUARY 27–29 2014

ION International Technical Meeting

Catamaran Resort Hotel, San Diego, California, USA.

www.ion.org

SPRING 2014

First INTERGEO Eurasia 2014

Istanbul, Turkey. The new INTERGEO Eurasia conference trade fair, which will take place on the Bosphorus, will cater specifically to the needs of this economic area. It is aimed at Turkey, south-eastern Europe, the Middle East and the «stan» countries. INTERGEO Eurasia is a collaboration between HINTE Messe and Messe München International. One way in which the DVW is supporting this project is through the use of the INTERGEO brand.

www.gpsworld.com



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 2013 год – 3000 руб.

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

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

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

РАСЦЕНКИ НА ПУБЛИКАЦИЮ РЕКЛАМЫ (формат А4, А5):

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

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

БЛАНК-ЗАКАЗ

Просим оформить подписку на _____ экз. журнала «Новости навигации».

Стоимость подписки в сумме _____ руб. перечислена на расчетный счет Открытого акционерного общества «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация» (ОАО «НТЦ «Интернавигация»)

ИНН 7709877563, КПП 770901001, ОГРН 1117746369531, ОКАТО 45286555000

Генеральный директор Царев Виктор Михайлович

Банковские реквизиты: ОАО Банк ВТБ г. Москва

Р/с № 40702810800020000567; к/с № 30101810700000000187

ОКВЭД 73.10; БИК 044525187; ОКПО 11460236

Платежное поручение № _____ от « _____ » _____ 201 ____ г.

(Следует приложить к заказу копию платежного поручения).

Заказ направить по адресу:

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

город, улица, дом _____

Кому _____

(полное название организации или ФИО заказчика)

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

1. Представляемый материал (статьи, монографии, рецензии, лекции) должен являться оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
2. Рукопись должна содержать:
 - название на русском и английском языках;
 - инициалы и фамилии авторов на русском и английском языках, список ключевых слов и УДК;
 - аннотацию на русском и английском языках;
 - текст статьи;
 - список литературы в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008.

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

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