

НОВОСТИ НАВИГАЦИИ

№ 3, 2007 г.

Научно-технический журнал по проблемам навигации УДК 621.78:525.35

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Царев В. М.,
директор НТЦ «Интернавигация»,
к.т.н., заслуженный работник связи
РФ

Редактор – Соловьев Ю. А., к. т. н.
Отв. редактор – Цикалова Е. Г.

Члены редакционной коллегии:

Аргунов А. Д.;
Баринов С. П., к. т. н.;
Белгородский С. Л., д. т. н., проф.;
Верещако В. А.;
Власов В. М., д. т. н., проф.;
Донченко С. И., д. т. н.;
Зубов Н. П., д. в. н., проф.;
Коротоншко А. Н., к. т. н.;
Писарев С. Б., д. т. н.;
Ярлыков М. С., д. т. н., проф.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

О НАВИГАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ГЛОНАСС/GPS 3

А. Бородко

В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СОВЕТЕ «РАДИОНАВИГАЦИЯ»

О РАБОТЕ НАД МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ
РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ 8

О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕНДЕНЦИИ И ГАРМОНИЗАЦИЯ
РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ» 8

О РАБОТАХ ПО СОЗДАНИЮ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И РАЗВИТИЮ
СИСТЕМ ДАЛЬНЕЙ РАДИОНАВИГАЦИИ В РОССИИ 8

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ

МЕАНДРОВЫЕ РАДИОСИГНАЛЫ (ВОС – СИГНАЛЫ) В СПУТНИКОВЫХ
РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ 10

М. С. Ярлыков

НАВИГАЦИОННЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СВЯЗНЫХ СИСТЕМ
МОНИТОРИНГА НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА 24

О. А. Борсук

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ
СИСТЕМ В ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХАХ 30

А. Н. Коротоншко, Ю. М. Перунов

О ТРЕБОВАНИЯХ К ТОЧНОСТИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ 35

В. Д. Шаров

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ 37

ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ 42

КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ

ОБОРУДОВАНИЕ НАВИГАЦИИ, ПОСАДКИ,
НАБЛЮДЕНИЯ И УВД НА МАКС-2007 45

О РАБОТЕ СОВЕЩАНИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ СИСТЕМ «ЛОРАН» И «ЧАЙКА» 47

ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ

РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ СПУТНИКОВОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ РАДИОКОСМИЧЕСКОЙ ШКОЛОЙ 49

В. С. Шебшаезич

НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ 59

ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ 61

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

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

Contents

Official Documents

ON THE NAVIGATION SUPPORT OF THE TRANSPORTATION
COMPLEX USING GLONASS/GPS 3

Alexander Borodko

IN THE RADIONAVIGATION INTERSTATE COUNCIL

WORK ON THE INTERSTATE RADIONAVIGATION PROGRAM 8

ON THE SCIENTIFIC CONFERENCE «TRENDS AND HARMONIZATION
OF RADIONAVIGATION SUPPORT» 8

WORKS ON THE IMPLEMENTATION, OPERATION AND DEVELOPMENT
OF LONG-RANGE RADIONAVIGATION SYSTEMS IN RUSSIA 8

SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES

MEANDER (BOC – MODULATED) RADIO SIGNALS FOR NEXT GENERATION
SATELLITE RADIONAVIGATION SYSTEMS 10
M. S. Yarlykov

NAVIGATION-COMMUNICATION MODULES FOR LAND
TRANSPORT MONITORING 24
O. Borsuk

USING RADIO SURVEILLANCE AIDS TO IMPROVE ROBUSTNESS
OF TRANSPORT MEANS IN JAM 30
A. N. Korotonoshko, Yu. Perunov

ON THE REQUIREMENTS FOR POSITION ACCURACY 35
I. Strashko

DIGEST OF FOREIGN MAGAZINES 37

OPERATING INFORMATION 42

CONFERENCES, EXHIBITIONS, MEETINGS

НЕТ АНГЛИЙСКОГО ПЕРЕВОДА ЗАГОЛОВКА 45

НЕТ АНГЛИЙСКОГО ПЕРЕВОДА ЗАГОЛОВКА 47

FROM THE HISTORY OF NAVIGATION

DEVELOPING THEORETICAL FOUNDATIONS FOR SATELLITE
RADIONAVIGATION BY LENINGRAD SPACE SCHOOL 49
V. S. Slieshayevick

NEW BOOKS AND MAGAZINES 59

PLANS AND CALENDARS 61

О НАВИГАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ГЛОНАСС/GPS¹

*Александр Бородко,
руководитель Федерального агентства геодезии и картографии*

ON THE NAVIGATION SUPPORT OF THE TRANSPORTATION COMPLEX USING GLONASS/GPS

*Alexander Borodko,
Head of Federal Agency on Geodesy and Cartography*

В своем выступлении я хотел бы осветить некоторые аспекты развития навигации на транспорте, особенно те, которые требуют неотложного решения. Это: нормативная правовая база; навигационная аппаратура и технологии; взаимодействие федеральных органов исполнительной власти, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и бизнеса по вопросам навигации; информационная составляющая.

В последнее время Президентом Российской Федерации и Правительством страны уделяется повышенное внимание развитию навигации. Военно-промышленная комиссия при Правительстве практически постоянно рассматривает проблемные вопросы навигационного обеспечения отраслей экономики, обороны и безопасности страны.

Развитие транспортного комплекса России в рамках принятой до 2020 года стратегии определяет особое значение спутниковой навигации для решения задач повышения качества услуг, экономической эффективности и обеспечения безопасности перевозок людей и грузов.

Мировой опыт широкого использования навигационных систем подтверждает этот курс.

Такие системы стали штатным оборудованием всех транспортных средств. И на перспективу навигационные системы будут важным компонентом интеллектуальных транспортных систем, к масштабному развитию которых приступили экономически развитые страны (США, Евросоюз, Япония). Уже в 2007 году в Европе будет продано около 8 млн. единиц навигационной аппаратуры пользователя.

Спрос на оборудование для автомобильной навигации, включая средства диспетчеризации транспорта, в 2006 году значительно увеличился. Объем продаж вырос на 40% по отношению к 2005 году. Минимальный спрос на навигационную аппаратуру на отечественном рынке по неофициальным экспертным данным оценивается в 500 – 600 тысяч еди-

ниц НАП ежегодно при общей потребности 20 млн. единиц различной модификации.

Оценка ожидаемой экономической эффективности использования спутниковых навигационных технологий для организации управления транспортными потоками и средствами показывает, что экономия ресурсов составляет от 10 до 25 % эффективного и безопасного функционирования транспортного комплекса, особенно при перевозке пассажиров, специальных и опасных грузов, а также за счет минимизации потерь.

Необходимо отметить, что эффект внедрения спутниковой навигационной аппаратуры на транспорте достигается по направлениям: экономии ресурсов и средств за счет создания диспетчерских систем, систем мониторинга транспортных средств, охранных систем, систем управления движением и др.; безопасности на транспорте за счет своевременного предупреждения об опасности, повышения точности данных, оперативности и полноты информации при розыскных мероприятиях, при внедрении охранных систем, систем коррекции и др. Этот вид эффективности присущ для всех видов транспорта.

Основу современного навигационного обеспечения составляют спутниковые средства определения координат и навигационные карты.

Организующая основа процесса в России – ФЦП «ГЛОНАСС», которая реализуется уже около 10 лет по руководством Роскосмоса – координатора программы. Сейчас действует программа на период 2002 – 2011 годы. Она предусматривает комплексное решение организационных, научно-технических и инвестиционных (внедренческих) задач во всех отраслях, а также на коммерческой основе.

К настоящему времени Минтранс России, федеральные агентства, подведомственные министерству, в рамках выполнения федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система» выполнили по подпрограммам 3 и 4 значительный объем работ. Подпрограмма 3 «Внедрение навигационных сис-

¹ Доклад на Расширенном заседании коллегии Министерства транспорта «О плане действий по навигационному обеспечению транспортного комплекса с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS» 13 июля 2007 года

тем в области транспорта» госзаказчики Минтранс России, Росавтодор, Росавиация, Росморречфлот, Росжелдор. Подпрограмма 4 «Создание высокоэффективной системы геодезического обеспечения Российской Федерации» госзаказчики Минтранс России, Роскартография.

По данным различных источников навигационными системами на базе ГЛОНАСС\GPS оснащено порядка 100 тысяч единиц автомобильного транспорта, из них в рамках выполнения мероприятий подпрограммы 3 более 10 тысяч единиц. Для организации управления и контроля движения транспортных средств, в основном пассажирского назначения, оснащенных навигационными системами, организовано 54 диспетчерские станции.

Навигационные системы на базе спутниковой аппаратуры ГЛОНАСС\GPS внедрены на 355 воздушных судах, 1770 морских и речных судах.

Для управления движением судов морского и речного транспорта развернуто 15 береговых систем управления, укомплектованных совмещенными приемниками ГЛОНАСС\GPS и установлено 13 контрольно-корректирующих станций.

Оснащено 4500 единиц подвижного состава железнодорожного транспорта.

Предприятия, выполняющие картографо-геодезические работы, оснащены в основном спутниковой аппаратурой ГЛОНАСС\GPS. За этот период создана высокоточная спутниковая геодезическая сеть (более 250 пунктов ФАГС и ВГС), на базе которых созданы 16 постоянно действующих спутниковых дифференциальных станций. С 2007 года предприятия приступили к созданию открытых навигационных карт. Уже сегодня Россия перестала быть белым пятном в навигационном картографировании мира. В будущем планируется:

Росавтодором создать в различных регионах Российской Федерации 190 спутниковых навигационных систем на автомобильном и городском транспорте включающие диспетчерские станции, системы мониторинга, охраны, информационного обеспечения и другие. Будет внедрено 130 пилотных проектов и оснащено средствами навигации свыше 20000 единиц транспорта.

Росморречфлотом в 2007 г. запланировано покрытие навигационным полем всей Европейской части внутренних водных путей. В дальнейшем в период 2007 по 2011 годы планируется установить 22 ККС в интересах речного транспорта и 14 ККС на морском побережье, не менее 29 станций автоматической идентификационной системы (АИС) в интересах речного транспорта, не менее 10 автоматизированных промерных комплексов. В период 2007 – 2011 гг. планируется оснастить 439 судов, состоящих на учете ФГУ «Российский морской регистр судоходства» и 6192 судов Российского речного регистра.

Суммарная потребность российских железных дорог в устройствах навигации составляет порядка

30 тысяч единиц различного оборудования только для локомотивов и сотни тысяч для вагонного парка.

Росавиация планирует создать 57 различных дополнений систем наземного обеспечения и переоснастить 1187 судов, ориентировочная потребность составляет 1187 комплексов НАП для воздушных судов и 3510 комплектов для аэродромной техники.

Роскартография планирует до 2010 года завершить создание цифровых открытых навигационных карт масштабов 1:50000 – 1:100000 на всю территорию, масштаба 1:10000 и 1:25000 на обжитые и промышленно развитые регионы страны, города, крупные населенные пункты и транспортные узлы.

В целом все эти данные свидетельствуют о том, что процесс создания навигационных систем на транспорте идет достаточно активно. Общая потребность в НАП для оснащения транспортных средств составляет порядка 70 тыс. единиц.

Однако если сравнивать достигнутое с масштабами транспортного комплекса России, а это около 30 млн. автомобилей, сотни тысяч единиц железнодорожного подвижного состава и др. транспорт. Навигационное обеспечение граждан России находится практически на нулевом уровне. Минимальное количество владельцев автомашин имеет мобильные навигаторы, еще меньше, так называемых энтузиастов навигации, имеют приемники и навигаторы для использования в личных целях. То становится ясным, что мы находимся в начале пути.

Причины такого состояния гражданской навигации это отсутствие конкурентного отечественного гражданского приборного оснащения ГЛОНАСС, хотя в последнее время такая аппаратура уже появилась; отсутствует нормативная база в области наземной навигации; до 2006 года невозможно было делать точные открытые карты; не разработаны механизмы взаимодействия с субъектами Российской Федерации и развития государственно-частного партнерства.

При принятии решений об оснащении навигационной аппаратурой потребителей на транспорте надо иметь в виду, что в стране практически нет государственного транспорта.

Решение этих проблем. Необходимо обеспечить развитие производства и поступление на рынок отечественной аппаратуры. Наличие на рынке отечественной аппаратуры ГЛОНАСС, создаваемой при поддержке государства и соответствующей международным требованиям пользователей, будет способствовать ее продвижению на рынок, как на профессиональный, так и на ориентированный на все группы пользователей.

Также создание и производство наряду с профессиональным оборудованием массовой дешевой пользовательской аппаратуры ГНС обеспечат развитие всей инфраструктуры навигационно-временных услуг в стране и гарантированный набор массовых услуг всем группам потребителей. При этом опыт вне-

дрения показывает, что государственная поддержка в виде дотаций должна быть не менее 2 лет.

Закупку и внедрение отечественной продукции и рынка услуг нельзя обеспечить директивно.

Вся аппаратура связи и навигации приобретает государственными заказчиками на конкурсной основе.

Решить проблемы развития навигации в стране в ближайшее время только за счет бюджетных средств не представляется возможным. Опыт работы в этом направлении показал, что целевое государственное финансирование, должно быть направлено на создание базовых навигационных продукции и услуг.

Это будет способствовать решению текущих задач федеральных органов исполнительной власти, органов власти субъектов Российской Федерации и муниципальных образований. Такой подход проработан межведомственной группой Роскосмоса, АФК «Система», Роскартографии и другими.

В некоторых случаях на рынок предлагается только аппаратура потребителей. Для массового рынка такая услуга бесперспективна. Навигационные проекты для потребителей должны представлять законченные аппаратно-программные решения, базирующиеся на государственных услугах по навигации.

Важным направлением развития рынка является ON-LINE навигация. В этом секторе государственная навигационная информация, карты могут занять доминирующее положение.

Нормативная правовая база в области навигационного обеспечения наземного транспортного комплекса развита недостаточно.

Нет закона о навигации, т.е. изменения и дополнения в действующее законодательство еще не внесены, нет правовой базы по определению порядка и условий использования информационных ресурсов и навигационных карт, а также требований к составу, структуре, порядку создания и ведения единой электронной картографической основы. В области авиационного транспорта пока не выполняются требования ИКАО, в автомобильном, морском и речном транспорте необходима система мониторинга транспортных средств и другие вопросы.

До настоящего времени в государстве не определены федеральные органы исполнительной власти в сфере наземной навигации транспортного комплекса. В связи с этим вопросы государственной политики, оказания услуг по организации навигационного обеспечения наземных транспортных средств, а также по контролю создания дифференциальных спутниковых станций не решены.

Требуется разработать совместно с органами исполнительной власти единую концепцию создания в Российской Федерации сети ККС ГЛОНАСС/GPS. Сейчас мы имеем ситуацию, когда государственный частотный ресурс используется безконтрольно, на одном месте может стоять несколько различных ведомственных станций одного и того же назначения.

Правовых документов на это не существует. Не вовлечены в эту сферу деятельности субъекты Российской Федерации, муниципальные образования, хотя все работы ведутся там, так как организация транспортного обслуживания населения отнесена к сфере ведения субъектов Российской Федерации и муниципальных образований.

У них уже имеется значительный практический опыт использования навигационных систем.

Взаимодействие и совместные работы с субъектами Российской Федерации и муниципальными образованиями показывает высокую заинтересованность и компетентность региональных органов власти в этих вопросах.

Практикой подтверждена следующая схема взаимодействия.

Подготавливается с учетом потребностей субъекта Российской Федерации соглашение о взаимодействии по вопросам создания геоинформационных систем и навигации.

Создается совместная рабочая группа, задачами которой является разработка ежегодных календарных планов, выполнение работ и предложений по долевого финансовому обеспечению.

Рабочая группа рассматривает также текущие вопросы по координации работ.

Можно говорить о следующем распределении зон ответственности.

Федеральные органы исполнительной власти Российской Федерации (Министерство транспорта Российской Федерации):

- организует разработку методологической, нормативно-технической и нормативной правовой документации;
- организует оказание методологической, технической помощи регионам, городам и хозяйствующим субъектам, в том числе практической помощи с использованием средств федерального бюджета в рамках реализации мероприятий ФЦП «ГЛОНАСС по тематике «Внедрение навигационных систем»;
- осуществляет через головные и уполномоченные организации взаимодействие с фирмами и компаниями, предлагающими навигационно-связанное оборудование, аппаратно-программные средства и проекты навигационных систем для внедрения на транспортном комплексе.

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, местного самоуправления:

- организуют практическое внедрение спутниковых навигационных систем для транспортных комплексов регионов и городов;
- используют созданные навигационные диспетчерские центры и центры мониторинга движения транспорта в своей деятельности.

Наиболее целесообразным методом решения проблем служат пилотные проекты по важнейшим направлениям на принципах софинансирования.

Результаты первых проектов показали необходимость разработки и принятие программ в субъектах Российской Федерации со сроком их реализации 3 года, где учтены мероприятия, предусмотренные соглашениями и соответствующими годовыми планами.

По аналогии выстраиваются взаимоотношения и с муниципальными образованиями.

Несколько слов о взаимодействии с бизнесом.

Коммерческое использование системы ГЛОНАСС развивается слабо. Механизмы государственно-частного партнерства еще не использованы для стимулирования навигационной деятельности. Государственная поддержка навигации на сегодня придаст дополнительные стимулы и сформулирует мотивации потребителей для широкого использования системы ГЛОНАСС. Федеральные органы исполнительной власти должны гарантировано обеспечивать свободный доступ к навигационным ресурсам (сигналы ГЛОНАСС, координаты, картографическая основа, адресно-навигационные базы данных и карты), организовать лицензирование, надзор и контроль в сфере навигационной деятельности, принять протекционистские, стимулирующие меры по поддержке отечественных и зарубежных производителей аппаратуры и технологий, использующих систему ГЛОНАСС.

Также представляется необходимым создание открытого акционерного общества с участием государства и бизнеса по продвижению на рынок коммерческих услуг по навигации.

При этом в основу должны быть положено взаимовыгодное партнерство государства и бизнеса. Предварительные наработки в этом направлении показывают возможность и высокую эффективность такого сотрудничества государства и бизнеса.

В настоящее время Минтранс России внесены на Правительственную комиссию по административной реформе вопросы наделения Минтранса России и Роскартографии дополнительными полномочиями в сфере навигационного обеспечения транспортного комплекса.

Кроме того, решением Военно-промышленной комиссии определены первоочередные нормативные правовые акты, разработка и принятие которых позволит создать условия для стимулирования развития рынка продукции и услуг в сфере навигации.

Хотел бы обратить Ваше внимание на важность информационного обеспечения навигации.

Условием эффективного решения навигационных задач на государственном уровне является обеспечение надлежащего качества единых общенациональных координатных и картографических основ. Государственные карты должны служить базовой основой для создания детальных электронных навигационных карт федерального, регионального и муниципального назначения.

Государственная координатная система отсчета должна иметь надежную и точную (на сантиметро-

вом уровне) связь с принятой в мире Международной земной системой отсчета.

Уважаемые участники коллегии! Даже если потребители имеют НА без актуальной информации о местности и навигационной составляющей, использование ее не эффективно.

Поставляемая на рынок навигационная продукция должна отвечать современным требованиям по полноте, актуальности и точности представленных данных о местности. Соответствие этим требованиям гарантирует безопасное ее использование в транспортной навигации.

По нашему мнению к навигационной деятельности должны быть применены положения Федерального закона «О техническом регулировании» требуется разработать систему технического регулирования области навигационного обеспечения.

Полагали бы целесообразным внести предложения в Правительственную комиссию по техническому регулированию о разработке системы технического регулирования по навигационной деятельности, имея в виду значительное влияние навигационных технологий на безопасность на транспорте.

До разработки и утверждения такой системы необходимо в установленном порядке внести в Правительства Российской Федерации предложения по включению в перечень товаров и услуг, подлежащих обязательной сертификации, навигационную аппаратуру потребителей, навигационные карты и геодезические данные.

Важным является проработка вопросов лицензирования видов деятельности применительно к навигации. Это направление работ требует тщательного рассмотрения и обсуждения с представителями бизнеса и общественными организациями.

Для постоянной актуализации наземной навигационной информации по нашему мнению требуется:

- создание федерального фонда наземной навигационной информации, объединяющего территориальные фонды (регионов, субъектов);
- закрепление на правовом уровне представления информации о создании, ликвидации и изменениях объектов на местности всеми субъектами хозяйственной деятельности;
- обеспечение потребителей актуальной навигационной информацией;
- информационная и программная совместимость средств навигационного обеспечения.

Но этот вопрос необходимо еще проработать с учетом следующего.

Роскартография совместно с Роскосмосом и при поддержке ОАО «РЖД» и ОАО «Спутниковая система «Гонец» приступила к разработке инвестиционного проекта «Создание и использование комплексной системы получения, обработки и предоставления потребителям базовых пространственных данных (БПД) на основе отечественных материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса».

Проект разрабатывается на условиях государственно-частного партнерства за счет привлекаемых источников. Все космические компоненты Проекта включены в Федеральную космическую программу России на 2006 – 2015.

Навигационное и топографо-геодезическое обеспечение, как единый информационный ресурс, имеет большое значение для обороны и безопасности государства, как в части вопросов боевого применения современного высокоточного оружия, так и в системах управления войсками.

С другой стороны МЧС России, МВД России требуется оперативная, актуальная открытая картографическая и навигационная информация для решения текущих повседневных задач.

Полагали бы целесообразным использовать оправдавшие себя годами подходы по взаимодействию военного и гражданского секторов этой отрасли, а именно:

- определить и утвердить требования Минобороны России и других силовых ведомств к навигационному обеспечению (по территориям и характеристикам);
- совместно разрабатывать и утверждать нормативные и правовые акты и нормативно-технические документы по вопросам навигации, особенно по вопросам информационного обеспечения;
- разработать и утвердить положение о взаимодействии между Минтрансом России и Минобороны России;
- сформировать единый государственный заказ на производство детальных навигационных карт.
- Таким образом, развитие навигационного обеспечения на транспортном комплексе на основе навигационных систем ГЛОНАСС\GPS можно представить взаимно увязанными направлениями.
- создание правовой и нормативной базы;
- оснащение транспортных средств спутниковой навигационной аппаратурой, средствами телекоммуникационной связи созданием систем диспетчерских станций и др. для организации управления и мониторингом движения транспортных средств и опасных грузов;
- создание навигационно-информационного и картографического обеспечения, сети постоянно действующих спутниковых дифференциальных станций, контрольно-корректирующих станций дифференциальных коррекций, пунктов сети для определения точных эфемерид ИСЗ ГЛОНАСС, создание открытых цифровых навигационных карт для различных видов транспорта;
- развитие механизма государственного частного партнерства;

– взаимодействие с субъектами Российской Федерации и муниципальными образованиями.

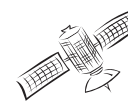
Уважаемые коллеги! Разработанный в Министерстве транспорта проект Плана действий по навигационному обеспечению транспортного комплекса предусматривает создание нормативной правовой базы, научные исследования и разработки, техническое оснащение и программное обеспечение средств спутниковой навигации, координатное и картографическое обеспечение, формирование организационных структур, занимающихся навигационными проблемами на транспорте, позволит решить многие проблемы по внедрению навигационных систем на транспорте. Прошу его рассмотреть.

При дальнейшем внедрении навигационных систем на транспорте нельзя не учитывать опыт ведущих зарубежных стран. Зарубежный опыт показывает, что будущее, перспективное использование навигационных систем связано с крупными проектами в транспортной отрасли – интеллектуальными транспортными системами. Их смысл заключается в интегрировании геоинформационных, навигационных систем, современных систем передачи и обработки данных, широкого доступа потребителей к этим ресурсам, управлении грузопотоками, пассажиропотоками со стороны транспортных компаний.

В США, Японии и государствах Западной Европы приняты федеральные программы развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС) сроком от 5 до 10 лет. К важнейшим результатам широкого развития Интеллектуальных транспортных систем к 2015 году эксперты относят формирование рынка высокотехнологичных изделий и услуг объемом более 500 млрд долларов, создание дополнительных рабочих мест и улучшение качества жизни.

По мнению экспертов, внедрение ИТС будет способствовать более эффективному использованию существующей дорожно-уличной сети и транспортных средств, повышению безопасности движения, решению экологических проблем и сохранению природных ресурсов, позволит значительно сократить затраты на строительство и реконструкцию дорог. Ожидается, что ИТС будут играть решающую роль при создании «интеллектуальной» транспортной инфраструктуры в 21 веке.

В выступлениях участников коллегии будут раскрыты направления использования навигационных систем по видам транспорта и освещены дополнительно те проблемы, над решением которых будем вместе работать. www.mintrans.ru



О РАБОТЕ НАД МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ ПРОГРАММОЙ

WORK ON THE INTERSTATE RADIONAVIGATION PROGRAM

Для подготовки проекта Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ на период до 2012 года по согласованию с Правительственными органами Российской Федерации, Республики Беларусь и Республики Казахстан организована рабочая группа, в которую вошли представители организаций – координаторов этой работы от указанных государств (ФГУП НТЦ «Интернавигация», УП «СКБ «Камертон», РГП ЦФМИ).

В июле 2007 года в ФГУП НТЦ «Интернавигация» состоялось первое заседание указанной группы.

Совещание одобрило подготовленное «Предложение о разработке Межгосударственной программы» и поручило организаторам-координаторам обобщить и сообщить ФГУП НТЦ «Интернавигация» предложения в проект Программы.

О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕНДЕНЦИИ И ГАРМОНИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОНАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ»

ON THE SCIENTIFIC CONFERENCE «TRENDS AND HARMONIZATION OF RADIONAVIGATION SUPPORT»

21 ноября 2007 года Межгосударственный совет «Радионавигация», ФГУП НТЦ «Интернавигация», Российский общественный институт навигации (РОИН) и Ассоциация транспортной телематики в помещении Московского автомобильно – дорожного института (Государственного технического университета), г. Москва, Ленинградский пр. 64 проводят научно-техническую конференцию «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения».

На конференции предполагается заслушать и обсудить доклады представителей ведущих организаций Российской Федерации, а также организаций государств СНГ по следующим вопросам:

1. Единая система координатно-временного и навигационного обеспечения РФ. Требования воздушных, морских, наземных и космических потребителей. Планы развития радионавигационных систем (РНС).

2. Основные положения Российского радионавигационного плана, космического координатно-временного обеспечения США и Европейского радионавигационного плана.

3. Спутниковые РНС, их функциональные дополнения и использование. Развитие ГЛОНАСС. Аппаратура потребителей СРНС.

4. Факторы уязвимости СРНС. Помехи, методы и средства повышения помехоустойчивости СРНС.

5. Наземные РНС. Системы дальней и ближней навигации и посадки воздушных судов. РНС на основе систем сотовой связи. Навигационно-связные системы.

6. Интеграция навигационных систем. Комплексирование РНС с автономным оборудованием счисления (инерциальными, курсо-доплеровскими, одометрическими и другими системами).

Материалы докладов предполагается опубликовать в журнале «Новости навигации».

О РАБОТАХ ПО СОЗДАНИЮ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И РАЗВИТИЮ СИСТЕМ ДАЛЬНОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ В РОССИИ

WORKS ON THE IMPLEMENTATION, OPERATION AND DEVELOPMENT OF LONG-RANGE RADIONAVIGATION SYSTEMS IN RUSSIA

В апреле 2007 года состоялось рабочее совещание представителей Минпромэнерго России, Минобороны России, Роспрома и Росэронавигации по вопросам создания, использования и развития отечественных

и объединенных систем дальней радионавигации.

На совещании были рассмотрены:
– ход работ по модернизации отечественных станций дальней радионавигации;

- основные направления развития и совершенствования отечественных и объединенных РНС, а также их использование в качестве функциональных дополнений к спутниковым навигационным системам;
- предложения по уточнению функций федеральных органов исполнительной власти, ответственных за создание, использование и развитие отечественных и объединенных радионавигационных систем.

Совещание решило в целях улучшения координации деятельности федеральных органов исполнительной власти России в области дальнего радионавигационного обеспечения (ДРНО) создать рабочую группу из представителей заинтересованных министерств и агентств и подготовить ряд необходимых документов.

В июле 2007 года состоялось первое заседание рабочей группы, на котором были рассмотрены проекты «Положения о взаимодействии заинтересованных федеральных органов исполнительной власти в области ДРНО» и «Плана совместных мероприятий по созданию, использованию и развитию отечественных и объединенных радионавигационных систем».

Было решено направить указанные проекты для рассмотрения в Минобороны России, Роспром и Росаэронавигацию и на следующем заседании рассмотреть полученные замечания и предложения.



МЕАНДРОВЫЕ РАДИОСИГНАЛЫ (ВОС – СИГНАЛЫ) В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

М. С. Ярлык

Проанализированы свойства и характеристики меандровых (ВОС – модулированных) шумоподобных сигналов (ШПС) для нового поколения спутниковых радионавигационных систем, в частности, Galileo и модернизированной GPS. У меандровых ШПС расширяющие спектр символы (элементы) псевдослучайных последовательностей (ПСП) не являются простыми прямоугольными видеопульсами, а представляют собой отрезки меандрового колебания, состоящие из определённого количества меандровых видеопульсов. Применительно к таким меандровым ПСП получены аналитические выражения для их спектральных плотностей и энергетических спектров. Рассмотрены МВОС – сигналы (ТМВОС – и СВОС – сигналы), а также AltВОС – сигналы.

MEANDER (BOC – MODULATED) RADIO SIGNALS FOR NEXT GENERATION SATELLITE RADIONAVIGATION SYSTEMS

M. S. Yarlykov

Performance analysis of meander signals (BOC – modulated signals) for next generation satellite Radionavigation systems (specifically Galileo and modernized GPS) is executed. For meander signals the spreading symbols of a pseudorandom code sequences are not simple rectangles, but rather segments of a meander waveform. Spectrums and Power Spectral Densities of a single period of a meander pseudorandom code sequences for BOC – modulated signals are obtained. MBOC – signals (TMBOC -, CBOC – signals) and AltBOC – signals are considered.

ВВЕДЕНИЕ

Новое поколение среднеорбитальных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) в настоящее время все увереннее переходит от стадии теоретических исследований к стадии практического (экспериментального) применения без снижения усилий в области теории. Среди СРНС нового поколения прежде всего уместно выделить модернизированную систему GPS (особенно в третьей и четвертой фазах ее развития, связанных с использованием спутников типов Block II F и Block III (GPS III) соответственно), систему Galileo, а также японскую СРНС типа QZSS (Quasi-Zenith Satellite System – Квазизенитная спутниковая система). Ключевыми моментами, благодаря которым СРНС нового поколения отличаются от традиционных как заметным расширением круга выполняемых задач, так и существенным повышением эффективности их решения, являются освоение новых диапазонов частот и применение радиосигналов нового класса – меандровых шумоподобных сигналов (ШПС), называемых за рубежом ВОС – сигналами (binary offset carrier modulated signals) [1-8].

Цель статьи состоит в том, чтобы изложить принцип формирования меандровых радиосигналов (ВОС – сигналов), обсудить их свойства и проанализировать спектральные характеристики, а также рассмотреть комбинированные меандровые ШПС (МШПС) такие, как МВОС – сигналы (ТМВОС – и СВОС – сигналы) и AltВОС – сигналы.

Отличие МШПС от традиционных, используемых сегодня в системах ГЛОНАСС и GPS (немодернизированной), заключается в следующем: у традиционных ШПС каждый расширяющий спектр символ (элемент) псевдослучайной последовательности (ПСП) дальномерного кода представляет собой одиночный прямоугольный видеопульс определенной длительности, тогда как у меандровых ШПС каждый расширяющий спектр символ ПСП имеет сложную форму и представляет собой некоторый отрезок меандрового колебания той же длительности, который содержит определенное одинаковое число меандровых видеопульсов (меандровый символ).

Среди важных достоинств СРНС, в которых предусматривается применение меандровых радиосигналов, выделим следующие:

1. Потенциально более высокая помехоустойчивость и точность СРНС, использующих меандровые ШПС, что достигается за счет существенного обострения основного пика корреляционной функции у ВОС – сигналов в силу применения более коротких видеопульсов в меандровом символе.
2. Более эффективное использование частотного спектра в L диапазоне в условиях заметно растущего числа гражданских и военных пользователей СРНС и, в частности, обеспечение возможности одновременного функционирования навигационных систем со старыми и новыми радиосигналами, что достигается благодаря «расщеплению» спектра

у ВОС – сигналов (при четном количестве меандровых импульсов в пределах символа ПСП).

В примерах опираемся на меандровые радиосигналы с ВОС- модуляцией типов ВОС (10,5) и ВОС (1,1). Первый тип модуляции предусматривается, например, использовать при функционировании модернизированной GPS на основе сигналов М-кода (Military code) или в системе Galileo применительно к сигналам диапазона E6, второй – при обслуживании гражданских пользователей системой GPS с применением L1C – сигналов и применительно к СРНС Galileo при оказании услуги «открытого сервиса» на основе L1OS (E1OS) – сигналов, а также в системе QZSS для L1C – сигналов [5 – 9]. При обсуждении комбинированных МШПС в качестве примеров рассматриваем ВОС – модуляцию типа МВОС (6,1,1/11) применительно к L1C – сигналам системы GPS (ТМВОС – сигналы) и к E1OS – сигналам системы Galileo (СВОС – сигналы); при изложении существа AltВОС – модуляции за основу берем модуляцию типа AltВОС (15,10), которую планируется применять в сигналах диапазона E5 системы Galileo [8,9].

В статье под термином «символ (элемент) ПСП» понимается видеосигнал определенной (как правило, меандровой или иной сложной) формы. Сама ПСП, как обычно, составляется из некоторого количества этих символов с использованием кодовых коэффициентов, которые отражают как символику кода (например, принимая значения +1 или -1), так его тип и характеристики.

Термины «одиночный символ ПСП» и «одиночная ПСП» (или «одиночный ШПС») означают, что рассматриваются выражения, описывающие соответственно один символ (элемент) ПСП и один период ПСП (или один период ШПС). Обсуждаемые в работе ПСП имеют единичные амплитуды, поэтому полученные выражения характеризуют нормированные спектры.

ПРИНЦИП ФОРМИРОВАНИЯ МЕАНДРОВЫХ ШПС

Меандровые ШПС (ВОС – сигналы) модернизированных и новых СРНС образуются в результате двоичной фазовой манипуляции радиосигналов меандровой ПСП (МПСП) дальномерного кода. В свою очередь МПСП формируется в результате перемножения (при определенной взаимной синхронизации) традиционной ПСП дальномерного кода, у которой символ представляет собой прямоугольный видеоимпульс длительностью τ_c , с меандровым колебанием, состоящим из более коротких по сравнению с интервалом τ_c видеоимпульсов. Типы и свойства самих ПСП дальномерного кода определяются на основе известных требований [10 -12]. В том вырожденном случае, когда на интервале τ_c укладывается только один импульс меандрового колебания, меандровая ПСП трансформируется, по существу, в традиционную. При этом, естественно, имеют место обычные фазоманипулированные ШПС.

Излучаемый меандровый ШПС (ВОС – сигнал) среднеорбитальных СРНС в типовом случае двоичной фазовой манипуляции внешне имеет традиционную форму записи:

$$s(t - t_0) = Ad(t - t_0)\cos[\omega_0(t - t_0) + \varphi(t)], \quad (1)$$

где A – амплитуда сигнала, $\omega_0=2\pi f_0$ – круговая несущая частота, f_0 – несущая частота, $\varphi(t)$ – фаза сигнала, t_0 – начало отсчета, $d(t)$ – меандровая ПСП дальномерного кода, представляющая собой чередующиеся по определенному закону положительные или отрицательные видеоимпульсы единичной амплитуды и одинаковой длительности.

Меандровая ПСП дальномерного кода $d(t)$ (для информационного сигнала) является результатом перемножения, как правило, четырех последовательностей: собственно ПСП дальномерного кода, дополнительного меандрового колебания (специфика ВОС – сигналов), посылка навигационного сообщения и посылка синхрокода для обеспечения тактовой синхронизации при функционировании [4,12, 13]. Далее при выкладках для краткости полагаем, что МПСП $d(t)$ обусловлена собственно ПСП дальномерного кода и меандровым колебанием.

Попутно заметим, что само использование меандровых колебаний в радиосигналах СРНС не ново, так как они и ранее использовались и используются в синхрокоде (манчестерский код), используемом для сокращения времени установления тактовой синхронизации в приемнике [12,13].

Типовая МПСП дальномерного кода (модулирующая функция ВОС – сигнала) $d(t)$ может быть записана в виде

$$d(t - t_0) = g(t - t_0)r(t - t_0), \quad (2)$$

где $g(t)$ – собственно ПСП дальномерного кода, которая также характерна и для традиционных СРНС; $r(t)$ – меандровое колебание, отражающее специфику нового класса сигналов СРНС.

Таким образом, меандровая ПСП $d(t)$ образуется путем перемножения взаимно синхронизированных двоичных последовательностей $g(t)$ и $r(t)$, каждая из которых состоит из чередующихся единичных видеоимпульсов соответствующей длительности, меняющих свою полярность по определенным законам согласно кодовым коэффициентам, значения которых равны +1 или -1.

Отметим, если функции $d(t)$, $g(t)$ и $r(t)$ рассматривать как кодовые последовательности символов 1 и 0, чередующихся по своим законам, то, естественно, операция перемножения в выражении (2) заменяется на операцию сложения по модулю 2.

Меандровое колебание $r(t)$ определяется выражением вида [8, 14, 15]

$$r(t) = \text{sign}[\sin \omega_M t], \quad (3)$$

где функция «сигнум» z равна

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

$\omega_M = 2\pi f_M$ – круговая частота меандрового колебания, $f_M = 1/T_M$ – частота меандрового колебания, $T_M = 2\tau_M$ – период меандрового колебания, τ_M – длительность импульса меандрового колебания (меандрового импульса). Видно, что

$$f_M = \frac{1}{2\tau_M}. \quad (4)$$

Как следует из (3), меандровое колебание $r(t)$ представляет собой нулевую функцию из семейства функций Радемахера [16]:

$$R_l(T_M, t) = \text{sign}[\sin 2^{l+1} \frac{\pi t}{T_M}], \quad (5)$$

где $l=0,1,2,\dots$ – номер функции Радемахера; $T_M/2^l$ – период l -ой функции Радемахера.

Видно, что $r(t) = R_0(T_M, t)$ – нулевая функция Радемахера, где T_M – период нулевой функции Радемахера. Каждая функция Радемахера $R_l(T_M, t)$ является сжатием функции $g(t)$ в 2^l раз.

Выражение ПСП дальномерного кода $g(t)$, описывающее один ее период, имеет вид [10,12]

$$g(t - t_0) = \sum_{k=0}^{L-1} \nu_k \text{rect}_c[t - k\tau_c - t_0], \quad (6)$$

где τ_c – длительность символа (элемента) ПСП; L – количество символов на периоде ПСП; t_0 – начальное условие; $k = 0, 1, 2, \dots, (L - 1)$. Функция $\text{rect}_c[\cdot]$ представляет собой импульс единичной амплитуды и длительностью τ_c :

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

где $k = 0, 1, 2, \dots, (L - 1)$.

Кодовые коэффициенты ν_k , образующие ПСП (6), принимают на каждом интервале τ_c значения +1 или -1 согласно закону чередования символов на ее периоде. Длительность периода ПСП равна $T_c = L\tau_c$.

Важные свойства МПСП $d(t)$ и соответствующих им меандровых радиосигналов (ВОС – сигналов) в СРНС во многом определяются двумя параметрами: $f_c = 1/\tau_c$ – частота следования символов ПСП $g(t)$ и $f_M = 1/2\tau_M$ – частота меандрового колебания $r(t)$ [3,4,14]. В соответствии с этим, как известно, при рассмотрении свойств нового класса радиосигналов СРНС для сравнительной характеристики типов меандровой модуляции применяется следующее обозначение: ВОС (f_M, f_c) (или МПСП (f_M, f_c)). Поскольку на практике частоты f_M, f_c обычно кратны опорной синхрочастоте f_{on} в СРНС (в частности, для систем GPS и Galileo $f_{on} = 1,023$ МГц), то часто используется и несколько иная форма записи для обозначения типа меандровой модуляции радиосигналов: ВОС

(α, β) (или МПСП (α, β)), где $\alpha = f_M/f_{on}$ и $\beta = f_c/f_{on}$ [4, 14]. Так, например, у модернизированной системы GPS в случае применения радиосигналов М-кода используется меандровая модуляция типа ВОС (10,5) при следующих значениях параметров: $f_M = 10 f_{on} = 10,23$ МГц и $f_c = 5 f_{on} = 5,115$ МГц [4]. У системы Galileo для E1OS сигналов применяется меандровая модуляция типа ВОС (1,1), при этом $f_M = f_c = 1,023$ МГц [5].

Заметим, если в ВОС – сигналах используется модуляция типа ВОС (α, β), причем α, β – целые положительные числа и $\alpha = \beta$, то такой тип меандровой модуляции носит название модуляции манчестерским кодом.

Классификация меандровых радиосигналов СРНС обычно осуществляется согласно одному из двух признаков: 1) по относительному фазированию колебаний $r(t)$ и $g(t)$; 2) по степени кратности длительностей меандрового импульса и символа ПСП.

При использовании первого классификационного признака различают синусную меандровую модуляцию (sinВОС – сигналы) и косинусную меандровую модуляцию (cosВОС – сигналы) [17]. При sinВОС – сигналах меандровая ПСП $d_{sin}(t)$ определяется выражениями (2) и (3). При cosВОС – сигналах меандровая ПСП характеризуется выражением (2), в котором меандровое колебание $r_{cos}(t)$ имеет вид:

$$r_{cos}(t) = \text{sign}[\cos \omega_M t]. \quad (7)$$

Далее в статье (кроме материала об AltВОС – сигналах) ограничимся рассмотрением только sinВОС – сигналов, а приставку sin опускаем.

При использовании второго классификационного признака для количественной характеристики различных типов меандровых ШПС (ВОС – сигналов) вводится коэффициент кратности меандровых импульсов N_M , который равен количеству импульсов меандрового колебания $r(t)$, укладываемых на длительности символа ПСП $g(t)$, т.е. содержащихся в меандровом символе [3, 4, 14]:

$$N_M = \frac{\tau_c}{\tau_M} = \frac{2f_M}{f_c}. \quad (8)$$

На рис. 1 представлены графики меандрового колебания $r(t)$, ПСП дальномерного кода $g(t)$ и меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$ при коэффициенте кратности $N_M = 4$, что соответствует, например, типу меандровой модуляции ВОС (10, 5).

На рис. 2 приведена обобщенная структурная схема устройства, формирующего меандровую ПСП дальномерного кода $d(t)$ для нового класса радиосигналов СРНС, где отражено, что МПСП определена дальномерным кодом $g(t)$, меандровым колебанием $r(t)$ и кодом служебной информации (навигационным сообщением) $\vartheta(t)$. Для простоты на рис. 2 не показаны устройства и сигналы, связанные с синхронизацией, формированием кода меток времени и т.п. Опорная частота, например, у СРНС типов GPS и Galileo равна $f_{on} = 1,023$ МГц [4, 5].

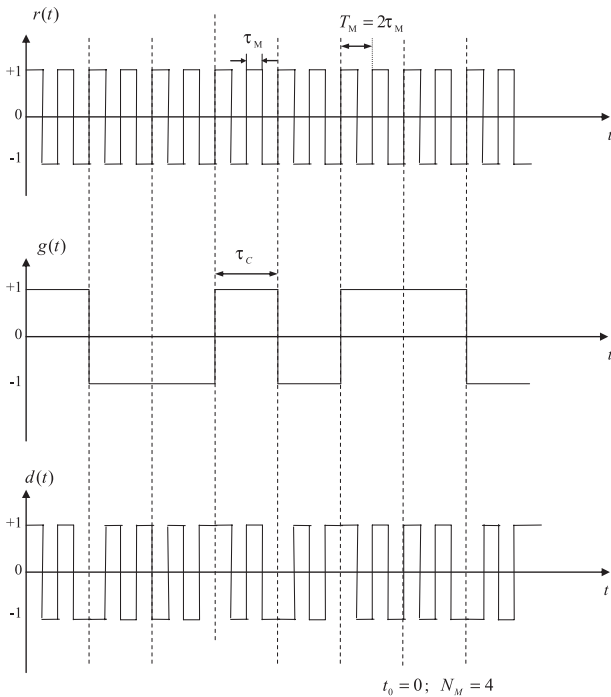


Рис. 1

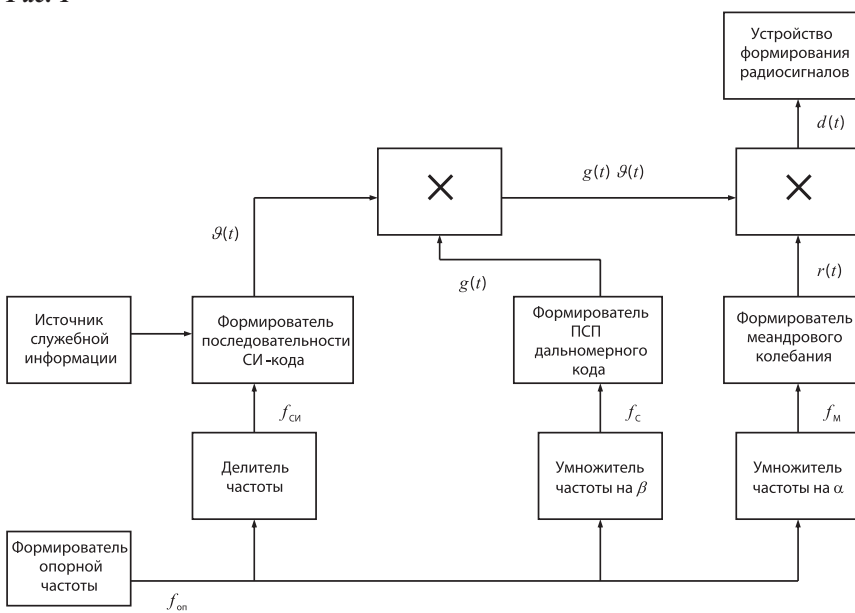


Рис. 2

Получим выражение, определяющее меандровую ПСП дальномерного кода $d(t)$, на основе формулы для одиночного символа этой последовательности (меандрового символа).

Одиночный символ (элемент) меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$, т.е. меандровый символ имеет длительность $\tau_c = N_M \tau_M$ и с учетом соотношений (2), (3) и (6), а также рис. 1 может быть описан выражением вида [2, 3, 4]

$$\mu_c(t) = \sum_{m=0}^{N_M-1} (-1)^m \text{rect}_M[t - m \tau_M], \quad (9)$$

где N_M – коэффициент кратности импульсов меандрового колебания.

Из рассмотрения (2), (3), (6) и (9) видно, что формула для одиночной меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$ различна в зависимости от того, целое или нецелое число периодов T_M меандрового колебания $r(t)$ укладывается на интервале τ_c (т. е. коэффициент N_M – четное или нечетное число).

Первый случай. N_M – четное число.

Согласно (2), (6) и (9) имеем

$$d(t) = g(t)r(t) = \sum_{k=0}^{L-1} v_k \text{rect}_c[t - k \tau_c] \sum_{l=0}^{L-1} \mu_c(t - l \tau_c) = \sum_{k=0}^{L-1} v_k \text{rect}_c[t - k \tau_c] \mu_c(t - k \tau_c) = \sum_{k=0}^{L-1} v_k \mu_c(t - k \tau_c) \quad (10)$$

Второй случай. N_M – нечетное число.

Согласно (2), (6) и (9) имеем

$$d(t) = g(t)r(t) = \sum_{k=0}^{L-1} v_k \text{rect}_c[t - k \tau_c] \sum_{l=0}^{L-1} (-1)^l \mu_c(t - l \tau_c) = \sum_{k=0}^{L-1} (-1)^k v_k \text{rect}_c[t - k \tau_c] \mu_c(t - k \tau_c) = \sum_{k=0}^{L-1} (-1)^k v_k \mu_c(t - k \tau_c). \quad (11)$$

Таким образом, в соответствии с (10) и (11) выражение для одиночной меандровой ПСП дальномерного кода (модулирующая функция ВОС – сигналов)

имеет вид:

$$d(t - t_0) = \sum_{k=0}^{L-1} v_k \mu_c(t - k N_M \tau_M - t_0), \text{ если } N_M \text{ – четное;} \\ d(t - t_0) = \sum_{k=0}^{L-1} (-1)^k v_k \mu_c(t - k N_M \tau_M - t_0), \text{ если } N_M \text{ – нечетное.} \quad (12)$$

Сопоставление (6) и (12) показывает, что меандровые ШПС (ВОС – сигналы) можно трактовать как традиционные ШПС с двоичной фазовой манипуляцией, но только с тем отличием, что одиночный символ (элемент) меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$ имеет сложную форму и является меандровым символом $\mu_c(t)$, а не просто прямоугольным видеоимпульсом длительностью τ_c . Согласно (9) символ $\mu_c(t)$

представляет собой отрезок меандрового колебания $r(t)$ длительностью τ_c . Согласно (9) символ $\mu_c(t)$ представляет собой отрезок меандрового колебания $r(t)$ длительностью τ_c , содержащий несколько меандровых видеоимпульсов, число которых равно коэффициенту кратности N_M .

На рис. 3 в соответствии с (9) представлены графики символов $\mu_c(t)$ для четырех типов меандровых ПСП дальномерного кода при одной и той же длительности символа τ_c и различных значениях коэффициента кратности N_M .

График на рис. 3а соответствует вырожденному случаю меандровых ШПС (т. е. ВОС – сигналы с меандровой модуляцией, например, типа ВОС (1/2, 1)), когда они трансформируются в обычные фазомани-

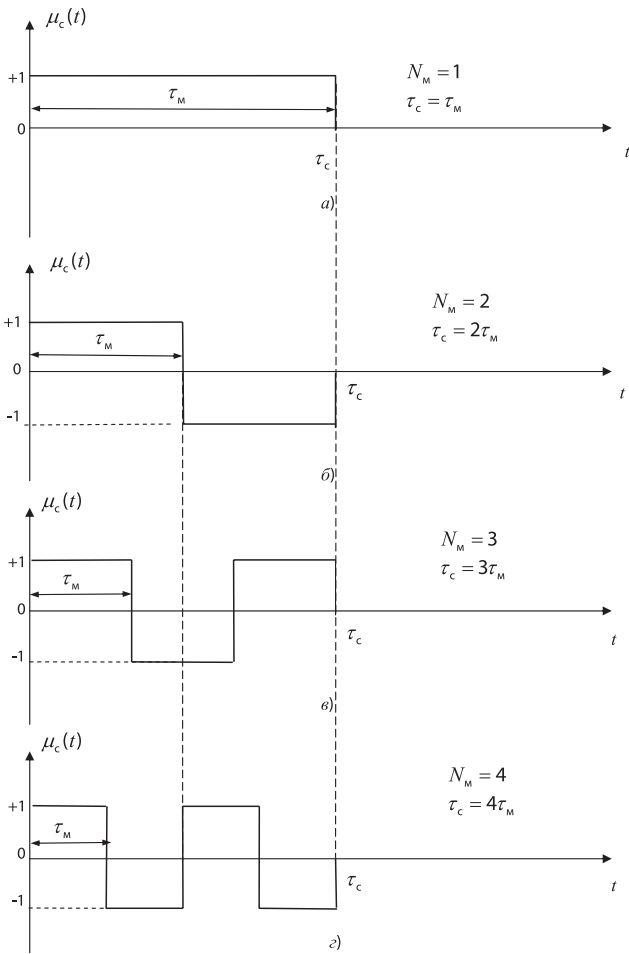


Рис. 3

пулированные ШПС, у которых символ последовательности прямоугольный $\mu_c(t) = \text{rect}_c[t]$.

Графики на рис. 3б, 3в и 3г соответственно характеризуют ВОС – сигналы с меандровой модуляцией, например, типов ВОС (1, 1), ВОС (3, 2) и ВОС (10, 5).

Заметим, что при N_M – нечетном числе в формулах (11) и (12) присутствует множитель $(-1)^k$, который обеспечивает соединение функций $\mu_c(t - k\tau_c)$ на соседних отрезках τ_c в непрерывное меандровое колебание $(-1)^k \mu_c(t - k\tau_c)$, где $k = 1, 2, \dots, L - 1$, на всем периоде ПСП дальномерного кода T_L .

Последовательность кодовых коэффициентов v_k , входящих в (6) и (12), на всем периоде ПСП T_L может быть описана с помощью решетчатой функции, значения которой определены только в дискретные моменты времени $t_k - t_0 = k\tau_c$ [18, 19]:

$$\{v_k\} = \sum_{k=0}^{L-1} v_k \delta(t - k\tau_c - t_0), \quad (13)$$

где $\delta(k\tau_c - m\tau_c) = \begin{cases} 1 & \text{при } k = m \\ 0 & \text{при } k \neq m \end{cases}$ – символ

Кронекера (дискретная дельта-функция).

Коэффициенты v_k принимают значения ± 1 , чередование которых определяется кодом ПСП. Так, например, в СРНС типа ГЛОНАСС дальномерный код стандартной точности представляет собой периодическую последовательность максимальной длины

(M – последовательность, или последовательность Хаффмена) с периодом $T_L = 1$ мс и частотой следования символов $f_c = 511$ кГц, в СРНС типа GPS дальномерный С/А код является периодической последовательностью Голда с периодом $T_L = 1$ мс и частотой следования символов $f_c = 1,023$ МГц [12, 13].

СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ОДИНОЧНОЙ МЕАНДРОВОЙ ПСП ДАЛЬНОМЕРНОГО КОДА

Применительно к меандровым радиосигналам $s(t-t_0)$ с двоичной фазовой манипуляцией на π радиан, определенным согласно (1), рассмотрим спектральные характеристики меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$, описываемой для одного периода ШПС выражениями (2), (3) и (6).

Спектральная плотность $G(\omega)$, представляющая собой преобразование Фурье от одиночной меандровой ПСП $d(t)$, в соответствии с (12) имеет вид

$$G(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} d(t - t_0) e^{-j\omega t} dt = \begin{cases} \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{k=0}^{L-1} v_k \mu_c(t - k\tau_c - t_0) e^{-j\omega t} dt & \text{при } N_M \text{ – четном;} \\ \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{k=0}^{L-1} (-1)^k v_k \mu_c(t - k\tau_c - t_0) e^{-j\omega t} dt & \text{при } N_M \text{ – нечетном;} \end{cases} = \begin{cases} F(\omega) \sum_{k=0}^{L-1} v_k e^{-j\omega k \tau_c} & \text{при } N_M \text{ – четном;} \\ F(\omega) \sum_{k=0}^{L-1} (-1)^k v_k e^{-j\omega k \tau_c} & \text{при } N_M \text{ – нечетном;} \end{cases} \quad (14)$$

где $F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \mu_c(t) e^{-j\omega t} dt$ – (15)

– спектральная плотность одиночного символа меандровой ПСП дальномерного кода $\mu_c(t)$, определяемого согласно (9). Множитель $e^{-j\omega t_0}$ в (15) обусловлен началом отсчета времени t_0 .

Сумма, входящая в (14), является преобразованием Фурье от решетчатой функции $\{v_k\}$, определяемой согласно (13), и представляет собой спектральную функцию (спектр) последовательности кодовых коэффициентов v_k на периоде ПСП.

Вводя обозначение $H(\omega)$ для спектра последовательности кодовых коэффициентов v_k , в соответствии с (14) имеем

$$H(\omega) = \int_0^{T_L} \{v_k\} e^{-j\omega t} dt = \sum_{k=0}^{L-1} v_k e^{-j\omega k \tau_c} \text{ при } N_M \text{ – четном} \quad (16)$$

$$H(\omega) = \int_0^{T_L} \{(-1)^k v_k\} e^{-j\omega t} dt = \sum_{k=0}^{L-1} (-1)^k v_k e^{-j\omega k \tau_c} \text{ при } N_M \text{ – нечетном}$$

Как следует из (16), функция $H(\omega)$ является периодической с периодом $\omega_c = 2\pi f_c$. Свойства спектров $H(\omega)$ последовательностей кодовых коэффициентов $\{v_k\}$ применительно к различным классам ПСП рассмотрены, например, в [11, 19].

Амплитудный спектр $|H(\omega)|$ последовательности кодовых коэффициентов $\{v_k\}$ на периоде T_L согласно (16) равен:

$$|H(\omega)| = \sqrt{\sum_{k=0}^{L-1} \sum_{m=0}^{L-1} v_k v_m \cos(k-m)\tau_c \omega} \text{ при } N_M \text{ — четном}$$

$$|H(\omega)| = \sqrt{\sum_{k=0}^{L-1} \sum_{m=0}^{L-1} (-1)^k v_k (-1)^m v_m \cos(k-m)\tau_c \omega} \text{ при } N_M \text{ — нечетном} \quad (17)$$

Из рассмотрения (17) видно, что $|H(\omega)| = |H(-\omega)|$.

Выражение для среднего значения квадрата амплитудного спектра $\langle |H(\omega)|^2 \rangle$ при любом N_M имеет вид:

$$\langle |H(\omega)|^2 \rangle = \frac{1}{\omega_c} \int_{-0,5\omega_c}^{0,5\omega_c} |H(\omega)|^2 d\omega = \sum_{k=0}^{L-1} v_k^2 = L, \quad (18)$$

где $v_k = \pm 1$, $L = T_L/\tau_c$ — количество символов на одном периоде ПСП дальномерного кода.

При вычислении (18) учтены соотношения:

$$\langle |H(\omega)|^2 \rangle = \sum_{k=0}^{L-1} \sum_{m=0}^{L-1} v_k v_m \frac{\sin(k-m)\pi}{(k-m)\pi} \text{ при } N_M \text{ — четном};$$

$$\langle |H(\omega)|^2 \rangle = \sum_{k=0}^{L-1} \sum_{m=0}^{L-1} (-1)^k v_k (-1)^m v_m \frac{\sin(k-m)\pi}{(k-m)\pi} \text{ при } N_M \text{ — нечетном}$$

Таким образом, выражение для спектральной плотности $G(\omega)$ одиночной меандровой ПСП дальномерного кода $d(t-t_0)$ с учетом (14) и (16) имеет вид:

$$G(\omega) = F(\omega)H(\omega). \quad (19)$$

Формула (19) по смыслу аналогична известному выражению для спектральной плотности одиночной традиционной ПСП [11,19,20], и при $N_M = 1$ она, естественно, полностью с ним совпадает. Применительно к меандровым ШПС (т. е. при $N_M > 1$) формула (19) различна в зависимости от четности или нечетности коэффициента кратности N_M .

Достоинство выражения (19) заключается в том, что оно позволяет исследовать спектры одиночных символов $\mu_c(t)$ меандровых ПСП и спектры последовательностей кодовых коэффициентов $\{v_k\}$ независимо друг от друга. Перемножение этих спектров дает формулу спектральной плотности $G(\omega)$ для одиночных меандровых ПСП дальномерного кода $d(t-t_0)$.

Переход от спектральных плотностей $G(\omega)$ для одиночных ПСП к спектральным плотностям для периодических ПСП, а также к спектрам соответствующих радиосигналов известен и содержится, например, в [11, 18,19, 20].

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПЛОТНОСТИ ОДИНОЧНЫХ СИМВОЛОВ МЕАНДРОВЫХ ПСП ДАЛЬНОМЕРНОГО КОДА

Спектральная плотность $F(\omega)$ одиночного символа $\mu_c(t)$ меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$ определяется соотношением (15). Применительно к разным видам одиночных меандровых символов $\mu_c(t)$ (см. рис. 3), т. е. для различных значений коэффициента кратности N_M , в соответствии с (15) полу-

чим выражение для $F(\omega)$, придерживаясь при выводе формул по сути работ [3,4].

Положив в (15) начало отсчета времени $t_0=0$, преобразование Фурье от функции $\mu_c(t)$ имеем в виде:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \mu_c(t) e^{-j\omega t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{m=0}^{N_M} (-1)^m \text{rect}_M[t-m\tau_M] e^{-j\omega t} dt = \sum_{m=0}^{N_M-1} (-1)^m F_{\text{rect}}(\omega), \quad (20)$$

где обозначено:

$$F_{\text{rect}}(\omega) = \int_{\tau_M}^{(m+1)\tau_M} \text{rect}_M[t-m\tau_M] e^{-j\omega t} dt -$$

преобразование Фурье от функции $\text{rect}_M[t-m\tau_M]$.

Вычислим функцию $F_{\text{rect}}(\omega)$.

$$F_{\text{rect}}(\omega) = \int_{\tau_M}^{(m+1)\tau_M} \text{rect}_M[t-m\tau_M] e^{-j\omega t} dt = \int_{\tau_M}^{(m+1)\tau_M} e^{-j\omega t} dt = \frac{2}{\omega} e^{-0,5j\omega\tau_M} e^{-jm\omega\tau_M} \sin\left(\frac{\omega\tau_M}{2}\right). \quad (21)$$

Подставив (21) в (20), находим, что

$$F(\omega) = \frac{2}{\omega} e^{-0,5j\omega\tau_M} \sin\left(\frac{\omega\tau_M}{2}\right) \cdot Z(\omega), \quad (22)$$

где обозначено:

$$Z(\omega) = \sum_{m=0}^{\Delta N_M-1} (-1)^m e^{-jm\omega\tau_M}. \quad (23)$$

Выражение для функции $Z(\omega)$ различно в зависимости от четности или нечетности коэффициента N_M .

Первый случай. N_M — четное число.

В таком случае сумма в выражении (23) содержит четное число слагаемых. Сгруппировав их попарно и вынося за скобки общий множитель, имеем:

$$Z(\omega) = (1 - e^{-j\omega\tau_M}) \sum_{k=0}^{0,5N_M-1} e^{-2jk\omega\tau_M}. \quad (24)$$

$$\text{Видно, что } 1 - e^{-j\omega\tau_M} = 2j e^{-0,5j\omega\tau_M} \sin\left(\frac{\omega\tau_M}{2}\right).$$

Тогда (24) принимает вид:

$$Z(\omega) = 2j e^{-0,5j\omega\tau_M} \sin\left(\frac{\omega\tau_M}{2}\right) \sum_{k=0}^{0,5N_M-1} e^{-2jk\omega\tau_M}. \quad (25)$$

Сумма в выражении (25) представляет собой геометрическую прогрессию, знаменатель которой равен $e^{-2j\omega\tau_M}$

При этом сумма ее членов равна:

$$\sum_{k=0}^{0,5N_M-1} e^{-2jk\omega\tau_M} = \frac{e^{-jN_M\omega\tau_M} - 1}{e^{-2j\omega\tau_M} - 1} =$$

$$= \frac{e^{-0,5jN_M\omega\tau_M} \sin(0,5N_M\omega\tau_M)}{e^{-j\omega\tau_M} \sin(\omega\tau_M)}. \quad (26)$$

С учетом (26) находим, что при N_M – четном функция $Z(\omega)$ равна:

$$Z(\omega) = 2j e^{-0,5j\omega\tau_M} \sin\left(\frac{\omega\tau_M}{2}\right) \frac{e^{-0,5jN_M\omega\tau_M} \sin(0,5N_M\omega\tau_M)}{e^{-j\omega\tau_M} \sin(\omega\tau_M)}.$$

После преобразований при N_M – четном окончательно имеем:

$$Z(\omega) = j e^{-0,5j(N_M-1)\omega\tau_M} \frac{\sin(0,5N_M\omega\tau_M)}{\cos(0,5\omega\tau_M)}. \quad (27)$$

Второй случай. N_M – нечетное число.

Для вычисления функции $Z(\omega)$ во втором случае, как и при получении формул (24) и (25), попарно сгруппируем члены и выполним те же операции, что и при выводе (26) и (27), но теперь последний член в исходной сумме (23) своей пары не имеет. Как видим, он входит в исходную сумму со знаком «плюс».

Следовательно,

$$Z(\omega) = \sum_{m=0}^{\Delta N_M-1} (-1)^m e^{-jm\omega\tau_M} = j e^{-0,5j(N_M-2)\omega\tau_M} \times \frac{\sin(0,5(N_M-1)\omega\tau_M)}{\cos(0,5\omega\tau_M)} + e^{-j(N_M-1)\omega\tau_M}. \quad (28)$$

Вынося в (28) общий множитель за скобку, получим:

$$Z(\omega) = e^{-j(N_M-1)\omega\tau_M} [j e^{0,5jN_M\omega\tau_M} \frac{\sin(0,5(N_M-1)\omega\tau_M)}{\cos(0,5\omega\tau_M)} + 1]. \quad (29)$$

Переходя в (29) от показательной формы записи комплексных чисел к тригонометрической и воспользовавшись формулой синуса разности углов, находим:

$$Z(\omega) = e^{-j(N_M-1)\omega\tau_M} \frac{\cos(0,5N_M\omega\tau_M)}{\cos(0,5\omega\tau_M)} \times \{ \cos[0,5(N_M-1)\omega\tau_M] + j \sin[0,5(N_M-1)\omega\tau_M] \}.$$

После преобразований при N_M – нечетном окончательно получим:

$$Z(\omega) = e^{-0,5j(N_M-1)\omega\tau_M} \frac{\cos(0,5N_M\omega\tau_M)}{\cos(0,5\omega\tau_M)}. \quad (30)$$

Таким образом, с учетом (27) и (30) спектральная плотность $F(\omega)$, определяемая выражением (22), одиночного символа $\mu_c(t)$ меандровой ПСП дальномерного кода для различных значений коэффициента кратности N_M имеет вид:

$$F(\omega) = j \frac{2}{\omega} e^{-0,5jN_M\omega\tau_M} \sin(0,5N_M\omega\tau_M) \operatorname{tg}(0,5\omega\tau_M) \quad \text{при } N_M - \text{четном}$$

$$F(\omega) = \frac{2}{\omega} e^{-0,5jN_M\omega\tau_M} \cos(0,5N_M\omega\tau_M) \operatorname{tg}(0,5\omega\tau_M) \quad \text{при } N_M - \text{нечетном}. \quad (31)$$

Частный случай. $N_M = 1$.

При этом согласно (9) имеем, что $\mu_c(t) = \operatorname{rect}_M[t]$, т.е. меандровая ПСП вырождается в традиционную ПСП, у которой символ представляет собой одиночный прямоугольный видеоимпульс единичной амплитуды и длительностью $\tau_c = \tau_M = 0,5T_M$. Тогда в соответствии с (31), обозначив $F_1(\omega) \triangleq F$ при $N_M = 1$, получим, что:

$$F_1(\omega) = \tau_c e^{-0,5j\omega\tau_c} \frac{\sin(0,5\omega\tau_c)}{0,5\omega\tau_c}. \quad (32)$$

Видно, что (32), естественно, является известной формулой для спектральной плотности одиночного прямоугольного видеоимпульса единичной амплитуды, например, [11, 18, 21].

С учетом (16) и (31) спектральная плотность $G(\omega)$ одиночной меандровой ПСП дальномерного кода, определяемая согласно (19), принимает вид:

$$G(\omega) = j \frac{2}{\omega} e^{-0,5jN_M\omega\tau_M} \sin(0,5N_M\omega\tau_M) \operatorname{tg}(0,5\omega\tau_M) \sum_{k=0}^{L-1} \nu_k e^{-j\omega k\tau_c} \quad \text{при } N_M - \text{четном}$$

$$G(\omega) = \frac{2}{\omega} e^{-0,5jN_M\omega\tau_M} \cos(0,5N_M\omega\tau_M) \operatorname{tg}(0,5\omega\tau_M) \sum_{k=0}^{L-1} (-1)^k \nu_k e^{-j\omega k\tau_c} \quad \text{при } N_M - \text{нечетном}. \quad (33)$$

где $\tau_c = N_M \tau_M$ – длительность символа меандровой ПСП, L – число символов на периоде ПСП.

Таким образом, спектральная плотность $G(\omega)$ одиночной МПСП дальномерного кода является сплошной. Она представляет собой произведение спектральной плотности $F(\omega)$ одиночного символа меандровой ПСП и периодического (с периодом $2\pi/\tau_c$) спектра $H(\omega)$ последовательности кодовых коэффициентов, обусловленного сложной структурой используемого дальномерного кода.

При переходе от одиночных меандровых ПСП к рассмотрению соответствующих периодических ПСП (с периодом $T_L = L\tau_c$) сплошная спектральная плотность $G(\omega)$ трансформируется в линейчатую (дискретную), в которой линии спектра находятся друг от друга на расстоянии $2\pi/T_L$. Огибающая спектральной плотности периодической меандровой ПСП имеет такой же вид, что и спектральная плотность $G(\omega)$ [18, 19, 20].

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ОДИНОЧНЫХ СИМВОЛОВ МЕАНДРОВЫХ ПСП ДАЛЬНОМЕРНОГО КОДА

Энергетический спектр (спектральная плотность мощности) $S(\omega)$ одиночного символа $\mu_c(t)$ меандровой ПСП дальномерного кода есть преобразование Фурье от соответствующей корреляционной функции. Кроме того, энергетический спектр $S(\omega)$ может быть также вычислен на основании известной спектральной плотности $F(\omega)$ одиночного символа $\mu_c(t)$ в соответствии с формулой [4, 21, 22]:

$$S(\omega) = \frac{1}{\tau_c} |F(\omega)|^2. \quad (34)$$

С учетом (31) согласно (34) выражение для энергетического спектра $S(\omega)$ одиночного символа $\mu_c(t)$ меандровой ПСП дальномерного кода при различных значениях коэффициента кратности N_M имеет вид:

$$S(\omega) = N_M \tau_M \left[\frac{\sin(0,5 N_M \omega \tau_M)}{0,5 N_M \omega \tau_M} \operatorname{tg}(0,5 \omega \tau_M) \right]^2 \quad \text{при } N_M - \text{четном}$$

$$S(\omega) = N_M \tau_M \left[\frac{\cos(0,5 N_M \omega \tau_M)}{0,5 N_M \omega \tau_M} \operatorname{tg}(0,5 \omega \tau_M) \right]^2 \quad \text{при } N_M - \text{нечетном.} \quad (35)$$

Частный случай. $N_M = 1$.

Согласно (35) с учетом того, что в таком случае $\tau_c = \tau_M$, получим:

$$S_1(\omega) = \tau_c \left[\frac{\sin(0,5 \omega \tau_c)}{0,5 \omega \tau_c} \right]^2,$$

где обозначено $S_1(\omega) \triangleq S(\omega)$ при $N_M = 1$. Видно, что соотношение (36) характеризует энергетический спектр одиночного прямоугольного видеопульса единичной амплитуды [11, 18, 21].

Отметим что, (35) совпадает с соответствующими выражениями для нормированных энергетических спектров в [4].

Учитывая, что $f_c = 1/\tau_c, f_M = 1/2\tau_M, N_M = 2f_M/f_c, \tau_c = N_M \tau_M$ и $\omega = 2\pi f$, формула (35) для энергетического спектра $S(\omega)$ одиночного символа $\mu_c(t)$ меандровой ПСП дальномерного кода при различных значениях коэффициента кратности N_M окончательно может быть записана в виде:

$$S(f) = \begin{cases} \frac{1}{f_c} \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right) \right]^2 & \text{при } N_M - \text{четном;} \\ \frac{1}{f_c} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)} \operatorname{tg}\left(\frac{\pi f}{N_M f_c}\right) \right]^2 & \text{при } N_M - \text{нечетном.} \end{cases} \quad (37)$$

Частный случай. $N_M = 1$.

Согласно (37) (или (36)) выражение энергетического спектра $S_1(f)$ для одиночного прямоугольного символа $\mu_c(t) = \operatorname{rect}_c[t]$ традиционной двоичной фазоманипулированной ПСП дальномерного кода имеет вид (38)

Рассмотрим особенности энергетических спектров $S(f)$. Как видно из (37), при $N_M - \text{четном}$ имеем, что $S(0) = 0$. Действительно, поскольку символ $\mu_c(t)$

$$S_1(f) = \frac{1}{f_c} \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)} \right]^2. \quad (38)$$

меандровой ПСП дальномерного кода при четном N_M на своем интервале τ_c содержит равное число положительных и отрицательных видеопульсов (т. е. среднее значение $\mu_c(t)$ на интервале τ_c равно нулю), то значение его энергетического спектра $S(f)$ на частоте $f = 0$ равно нулю, что соответствует сигналам с «расщепленным спектром». В то же время для меандровых ПСП дальномерного кода при нечетном N_M согласно (37) и (38) имеем, что $S(0) \neq 0$ и $S_1(0) \neq 0$. Более того, функция $S_1(f)$ при $f = 0$ имеет глобальный максимум: $S_1(0) = 1/f_c$. Благодаря такому существенному различию в энергетических спектрах $S(f)$ (при четном N_M) и $S_1(f)$ новое поколение СРНС, использующих меандровые ШПС, имеет высокую степень электромагнитной совместимости с традиционными СРНС, в которых применяются ШПС с обычной двоичной фазовой манипуляцией.

На рис. 4...7 представлены графики энергетических спектров $S(f)$ и $S_1(f)$, рассчитанных с помощью пакета программ Mathcad согласно (37) и (38) для различных значений коэффициента кратности: $N_M = 1$ (рис. 4), $N_M = 2$ (рис. 5), $N_M = 3$ (рис. 6) и $N_M = 4$ (рис. 7). При расчетах было принято, что частота следования символов меандровой ПСП $f_c = 1,023$ МГц на рис. 4, 5, и 6, а также $f_c = 5,115$ МГц на рис. 7. Графики выполнены в логарифмическом масштабе, когда по оси ординат отложены значения $S_{\text{дБ}}(f) = 10 \log S(f)$. Соответствующие рисунки с индексами «а» и «б» отличаются шириной полосы частот, изображенных участков энергетических спектров. Графики на рис. 4 характеризуют энергетический спектр $S_1(f)$ одиночного прямоугольного символа $\mu_c(t) = \operatorname{rect}_c[t]$ традиционных двоичных фазоманипулированных ПСП.

На рис. 5 изображены графики энергетического спектра $S(f)$ одиночного меандрового символа $\mu_c(t) = \operatorname{rect}_M[t] - \operatorname{rect}_M[t - \tau_M]$ МПСП дальномерного кода (см. рис. 3, б), которая характерна для сигналов, использующих меандровую модуляцию типа ВОС (1, 1), в частности, для EIOS – сигналов СРНС Galileo и LIC – сигналов модернизированной системы GPS и системы QZSS [5, 6, 8, 9]. Как видно из графиков на рис. 5, энергетический спектр $S(f)$ «расщеплен» на две симметричные половины относительно нулевой частоты, причем основные лепестки спектра разнесены от нее на величину $\pm f_M$ (в рассматриваемом примере $f_M = 1,023$ МГц), а значение спектра в нуле $S(f=0) = 0$. Для энергетического спектра соответствующего радиосигнала основные лепестки разнесены на $\pm f_M$ относительно несущей частоты f_H (в примере $f_H = 1575,42$ МГц).

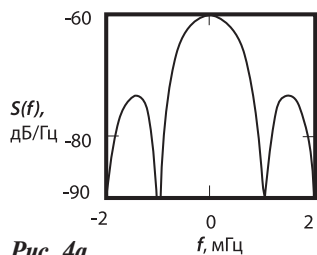


Рис. 4а

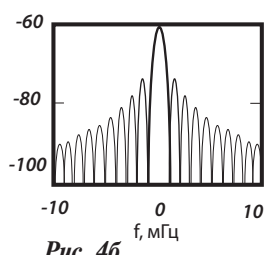


Рис. 4б

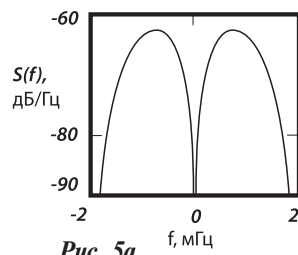


Рис. 5а

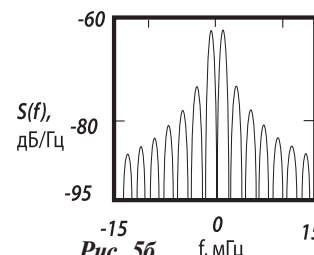


Рис. 5б

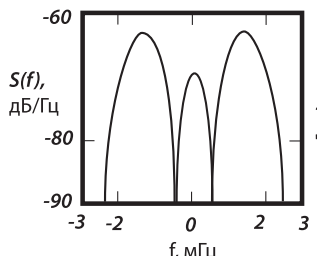


Рис. 6а

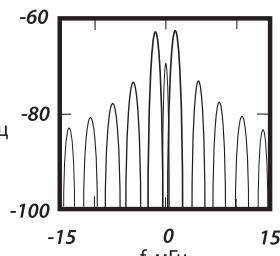


Рис. 6б

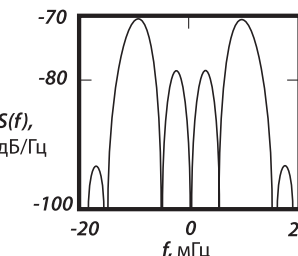


Рис. 7а

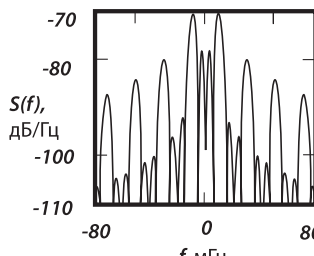


Рис. 7б

Энергетический спектр $S(f)$ одиночного меандрового символа МПСР дальномерного кода (см. рис. 3г) представлен графиками на рис. 7. Видно, что спектр занимает существенно более широкую полосу частот по сравнению с предшествующими спектрами в силу значительно больших значений частот f_c и f_m (в примере $f_c=5,115$ МГц и $f_m=10,23$ МГц). Такие меандровые ПСП характерны для модернизированной СРНС GPS в случаях применения сигналов М-кода, использующих меандровую модуляцию типа ВОС (10, 5) [4, 7].

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ОДИНОЧНЫХ МЕАНДРОВЫХ ПСП ДАЛЬНОМЕРНОГО КОДА

Энергетический спектр (спектральная плотность мощности) $S_d(\omega)$ одиночной меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$ представляет собой преобразование Фурье от соответствующей корреляционной функции. При известной спектральной плотности $G(\omega)$ одиночной меандровой ПСП дальномерного кода $d(t)$ ее энергетический спектр $S_d(\omega)$ можно найти по формуле [21, 22]:

$$S_d(\omega) = \frac{1}{T_L} |G(\omega)|^2, \quad (39)$$

где $T_L=L\tau_c$ – длительность периода ПСП.

На основании (39) с учетом (19) и (34) выражение для энергетического спектра одиночной МПСР дальномерного кода имеет вид:

$$S_d(\omega) = \frac{1}{T_L} |F(\omega)|^2 |H(\omega)|^2 = \frac{1}{L} S(\omega) |H(\omega)|^2, \quad (40)$$

где $S(\omega)$ – энергетический спектр одиночного символа $\mu_c(t)$ меандровой ПСП дальномерного кода, определяемый согласно (35) или (37); $|H(\omega)|^2$ – квадрат амплитудного спектра последовательности кодовых коэффициентов $\{v_k\}$, определяемый согласно (17); L – число символов на периоде ПСП.

Выражение для энергетического спектра $S_d(\omega)$, как видно, например, из (33), различно в зависимости от четности или нечетности коэффициента кратности меандровых импульсов N_M , т.е. от того, целое или нецелое число периодов T_M меандрового колебания $r(t)$ укладывается на длительности τ_c . Энергетический спектр $S_d(\omega)$ в соответствии с (40) определяется энергетическим спектром $S(\omega)$ одиночного символа $\mu_c(t)$, амплитудным спектром $H(\omega)$ последовательности кодовых коэффициентов $\{v_k\}$ и количеством символов L на периоде ПСП.

При переходе от одиночных меандровых ПСП к рассмотрению соответствующих периодических ПСП (с периодом $T_L=L\tau_c$) сплошной энергетический спектр $S_d(\omega)$ трансформируется в линейчатый (дискретный), в котором линии спектра находятся друг от друга на расстоянии $2\pi/T_L$. Огибающая энергетического спектра периодической меандровой ПСП дальномерного кода имеет такой же вид, что и энергетический спектр $S_d(\omega)$ одиночной меандровой ПСП дальномерного кода [18, 19, 20].

Спектры меандровых ШПС на основании известных спектров меандровых ПСП рассчитываются согласно типовым формулам перехода от спектров видеосигналов к спектрам соответствующих радиосигналов, например, [18].

КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕАНДРОВЫЕ ШПС

Стремление достичь дальнейшего выигрыша в качестве функционирования СРНС нового поколения за счет использования МШПС обуславливает разработку разнообразных и более сложных (по сравнению с рассмотренными) комбинированных МПСР дальномерного кода и, как следствие, появление соответствующих комбинированных МШПС.

Построение МПСР $d(t)$ определяется соотношением (2), откуда следует, что формирование различных комбинированных МПСР определяется по су-

ти использованием комбинированных (по уровням или по времени) меандровых колебаний $r(t)$ либо комбинированных последовательностей $g(t)$ [8, 17, 23, 24].

К настоящему времени какой-либо законченной классификации комбинированных МШПС еще не сформировано. Среди всего их многообразия уместно рассмотреть прежде всего следующие две группы комбинированных МШПС: Multiplexed BOC – сигналы (МВОС – сигналы) и несколько стоящие особняком Alternative BOC – сигналы (AltBOC – сигналы). Эти две группы комбинированных МШПС достаточно хорошо исследованы в теоретическом отношении и близки (в том или ином варианте) к практическому воплощению в новом поколении СРНС [8, 9, 23, 24, 25, 26].

1. МВОС – сигналы

МВОС – сигналы, как предполагается, найдут применение в модернизированной системе GPS, в частности, при использовании L1С – сигналов и в системе Galileo применительно к E10S – сигналам [8, 9, 23]. В основу формирования МВОС – сигналов в этих системах положена модуляция типа

$$\text{МВОС (6, 1, 1/11)}, \tag{41}$$

что означает сочетание двух типов BOC – модуляции: BOC (6, 1) и BOC (1, 1), причем в энергетическом спектре полного МВОС – сигнала, использующего модуляцию (41), доли спектра, обусловленные модуляцией типов BOC (1, 1) и BOC (6, 1), соответственно равны 1/11 и 10/11. Отметим, что здесь и далее под полным сигналом понимаем такой сигнал, который состоит из пилот-сигнала и информационного сигнала, содержащего навигационное сообщение. Технические параметры МВОС – сигнала (41) в системах GPS и Galileo имеют следующие значения: $f_H = 1575,42$ МГц, $f_{on} = f_c = 1,023$ МГц; $f_M = 1,023$ МГц – для модуляции типа BOC (1, 1) и $f_M = 6,138$ МГц – для модуляции типа BOC (6, 1).

Усредненный (в соответствии с указанными долями) энергетический спектр (спектральная плотность мощности) используемых одиночных меандровых символов комбинированной МПСП применительно к МВОС – сигналу (41) имеет вид [8]:

$$S_{\text{МВОС}}(f) = \frac{10}{11} S_{\text{BOC(1,1)}}(f) + \frac{1}{11} S_{\text{BOC(6,1)}}(f), \tag{42}$$

где $S_{\text{BOC(1,1)}}(f)$ и $S_{\text{BOC(6,1)}}(f)$ – энергетические спектры используемых одиночных меандровых символов для модуляции типов BOC (1, 1) и BOC (6, 1), которые определяются согласно (37).

Основное достоинство МВОС – сигналов, обуславливающее привлекательность их применения в СРНС (по сравнению с обычными BOC – сигналами), состоит в том, что в случае комбинированных МШПС доля мощности высокочастотных составляющих их энергетического спектра (относительно центральной частоты) оказывается больше, чем при обычных BOC – сигналах. Указанное обстоятельство

ведет к улучшению характеристик приемника при слежении за дальномерным кодом (особенно при помехах и в условиях многолучевости) [8, 25, 26].

По принципу формирования МВОС – сигналы делятся на два вида:

- а). Time-Multiplexed BOC (ТМВОС) – сигналы, которые представляют собой мультиплексированные во времени МШПС;
- б). Composite BOC (СВОС) – сигналы, являющиеся составными МШПС.

Рассмотрим принципы формирования как ТМВОС – сигналов, так и СВОС – сигналов, опираясь на пример, характеризуемый соотношениями (41) и (42).

а) ТМВОС – сигналы (мультиплексированные во времени МШПС)

В основе формирования мультиплексированных во времени МШПС (ТМВОС – сигналов) лежит применение мультиплексированных во времени МПСП (ТМВОС – модулирующих функций) $d_{\text{ТМВОС}}(t)$, суть построения которых заключается в том, у них на каждом периоде используется несколько (обычно два) различных видов меандровых символов (элементов), сменяющихся во времени друг друга по заданному закону.

Так, например, в ТМВОС – сигнале, в котором используется модулирующая функция типа (41), применяются следующие два вида меандровых символов:

$$\mu_{C1}(t) \stackrel{\Delta}{=} \text{rect}_M[t] - \text{rect}_M[t - \tau_c] = \begin{cases} \text{sign}[\sin(\frac{2\pi t}{\tau_c})], & 0 \leq t \leq \tau_c; \\ 0, & 0 > t > \tau_c; \end{cases} \tag{43}$$

для BOC – модуляции типа BOC (1, 1), т. е. при $\tau_c = 2\tau_M$, $N_M = 2$ (см. рис.3, б);

$$\mu_{C2}(t) \stackrel{\Delta}{=} \sum_{m=0}^{11} (-1)^m \text{rect}_M[t - m\tau_M] = \begin{cases} \text{sign}[\sin(\frac{12\pi t}{\tau_c})], & 0 \leq t \leq \tau_c; \\ 0, & 0 > t > \tau_c; \end{cases} \tag{43}$$

для BOC – модуляции типа BOC (6, 1), т. е. при $\tau_c = 12\tau_M$, $N_M = 12$.

График меандрового символа $\mu_{C2}(t)$, согласно (44) представлен на рис. 8.

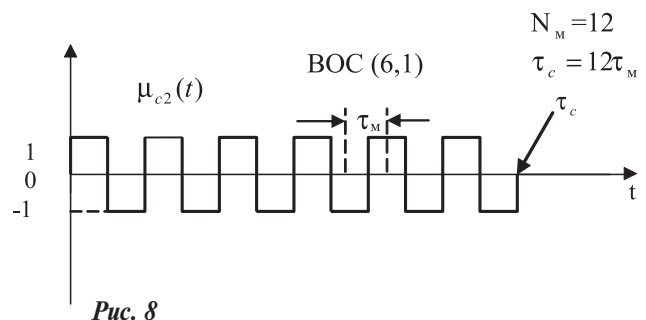


Рис. 8

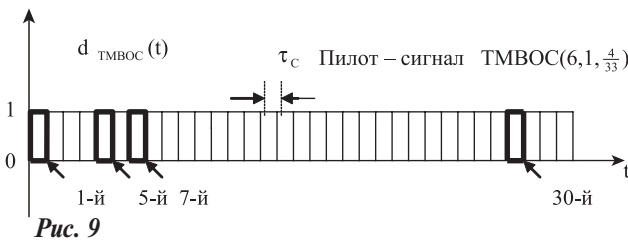
В рассматриваемом примере у мультиплексированной во времени МПСП $d_{\text{ТМВОС}}(t)$ каждый символ представляет собой видеосигнал вида $\mu_{c1}(t)$ или $\mu_{c2}(t)$, причем во времени они сменяют друг друга определенным образом.

Применительно к ТМВОС – сигналу, характеризующему соотношениями (41) и (42), рассматривается несколько вариантов распределения энергии между информационным сигналом и пилот – сигналом. Один из них такой: пилот–сигналу отводится 75% энергии и информационному – 25%, причем в пилот–сигнале используется ТМВОС – модуляция, а в информационном сигнале – обычная ВОС – модуляция типа ВОС (1, 1). В таком случае усредненный энергетический спектр (42) может быть представлен в виде

$$S_{\text{ТМВОС}}(f) = \frac{3}{4} S_{\text{П}}(f) + \frac{1}{4} S_{\text{И}}(f), \quad (45)$$

где $S_{\text{П}}(f)$ и $S_{\text{И}}(f)$ – усредненные энергетические спектры используемых одиночных меандровых символов $\mu_{c1}(t)$ и $\mu_{c2}(t)$ применительно к пилот-сигналу и информационному сигналу соответственно, причем $S_{\text{И}}(f) = S_{\text{ВОС}(1,1)}(f)$.

Чтобы выполнить соотношение (42), в пилот–сигнале мультиплексированную во времени МПСП $d_{\text{ТМВОС}}(t)$ формируют следующим образом. Период МПСП, в котором содержится $L = 10230$ символов (применительно к СРНС типов GPS и QZSS в режиме использования L1C – сигналов), делится на 310 одинаковых подпериодов, каждый из которых состоит из 33 символов.



Заметим, если рассматривать СРНС Galileo в режиме использования L1OS (E1OS) – сигналов, то в таком случае период МПСП содержит $L = 4092$ символа, и подпериод из 33 символов укладывается на нем 124 раза.

В каждом подпериоде четыре символа (а именно 1-й, 5-й, 7-й и 30-й) имеют вид $\mu_{c2}(t)$, а остальные – $\mu_{c1}(t)$. Следовательно, в пилот-сигнале применяется МВОС – модуляция типа ТМВОС (6, 1, 4/33). Схематичное представление одного такого подпериода комбинированной во времени МПСП $d_{\text{ТМВОС}}(t)$ применительно к МВОС – модуляции типа ТМВОС (6, 1, 4/33) выполнено на рис. 9, на котором символы $\mu_{c2}(t)$ выделены более толстыми линиями, а символы $\mu_{c1}(t)$ изображены обычными. Усредненный во времени энергетический спектр используемых одиночных меандровых символов $\mu_{c1}(t)$ и $\mu_{c2}(t)$ для пилот-сигнала согласно рис. 9 определяется формулой:

$$S_{\text{П}}(f) = \frac{29}{33} S_{\text{ВОС}(1,1)}(f) + \frac{4}{33} S_{\text{ВОС}(6,1)}(f). \quad (46)$$

Видно, что в соответствии с (45) и (46) для полного ТМВОС – сигнала выполняется требуемое соотношение (42).

Естественно, что описанное формирование ТМВОС – сигнала, удовлетворяющего (42), не единственное. В качестве другого варианта построения рассмотренного ТМВОС – сигнала в [8] также содержится пример, в котором принято, что энергия полного ТМВОС – сигнала делится между информационным сигналом и пилот-сигналом поровну, причем в каждом из них применена модуляция типа ТМВОС (6, 1, 1/11). В таком случае для усредненного энергетического спектра используемых одиночных меандровых символов $\mu_{c1}(t)$ и $\mu_{c2}(t)$ полного ТМВОС – сигнала имеют место следующие выражения:

$$S_{\text{ТМВОС}}(f) = \frac{1}{2} S_{\text{П}}(f) + \frac{1}{2} S_{\text{И}}(f),$$

$S_{\text{П}}(f) = S_{\text{И}}(f) = \frac{10}{11} S_{\text{ВОС}(1,1)}(f) + \frac{1}{11} S_{\text{ВОС}(6,1)}(f)$, при которых соотношение (42) также выполняется.

б) СВОС – сигналы (составные МШПС)

Составные МШПС формируются на основе составных МПСП (СВОС – модулирующих функций), в которых используются составные (а не обычные меандровые) символы какого-либо одного определенного вида. Составной символ последовательности, являющейся модулирующей функцией СВОС – сигнала, представляет собой взвешенную сумму нескольких (обычно двух) меандровых символов $\mu_c(t)$ различных видов [8, 25, 26].

Рассмотрим пример, изложенный в [8, 25, 26], в котором обсуждается сигнал, предлагаемый в качестве возможного варианта для СРНС Galileo применительно к режиму E1OS.

Пусть составная МПСП образована на основе двух ВОС – модулирующих функций типов ВОС (1,1) и ВОС (6,1). Тогда одиночный составной символ такой последовательности $\mu_{\text{СВОС}}(t)$ имеет вид

$$\mu_{\text{СВОС}}(t) = a_1 \mu_{c1}(t) + a_2 \mu_{c2}(t), \quad (47)$$

где $\mu_{c1}(t)$ и $\mu_{c2}(t)$ – меандровые символы, характеризующиеся (43) и (44); a_1 и a_2 – весовые коэффициенты, удовлетворяющие нормировочному соотношению

$$a_1^2 + a_2^2 = 1. \quad (48)$$

Полагаем, что требуется сформировать такой СВОС – сигнал, у которого применяется модуляция типа СМВОС (6, 1, 1/11), т.е. энергетический спектр $S_{\text{СВОС}}(f)$ одиночного символа $\mu_{\text{СВОС}}(t)$ последовательности дальномерного кода удовлетворяет (42). Кроме того, предположим, что энергия в полном СВОС – сигнале между информационным сигналом и пилот-сигналом делится поровну, т.е.

$$S_{\text{СВОС}}(f) = \frac{1}{2} S_{\text{П}}(f) + \frac{1}{2} S_{\text{И}}(f), \quad (49)$$

где $S_{\text{П}}(f)$ и $S_{\text{И}}(f)$ – энергетические спектры одиночных составных символов $\mu_{\text{СВОС}}(t)$ для пилот-сиг-

нала и информационного сигнала соответственно, при этом $S_{II}(f)$ и $S_{II}(f)$ с учетом (42) равны:

$$S_{II}(f) = S_{II}(f) = \frac{10}{11} S_{\text{ВОС}(1,1)}(f) + \frac{1}{11} S_{\text{ВОС}(6,1)}(f). \quad (50)$$

Согласно (50) с учетом (48) имеем: $a_1 = \sqrt{\frac{10}{11}}$ и $a_2 = \sqrt{\frac{1}{11}}$. Тогда (47) принимает вид:

$$\mu_{\text{СВОС}}(t) = \sqrt{\frac{10}{11}} \mu_{c1}(t) + \sqrt{\frac{1}{11}} \mu_{c2}(t). \quad (51)$$

Вид составного символа $\mu_{\text{СВОС}}(t)$ последовательности дальномерного кода для СВОС – сигнала, который характеризуется (49), (50) и (51), представлен на рис. 10. Изображения исходных для $\mu_{\text{СВОС}}(t)$ меандровых символов $\mu_{c1}(t)$ и $\mu_{c2}(t)$ приведены на рис. 3б и рис. 8.

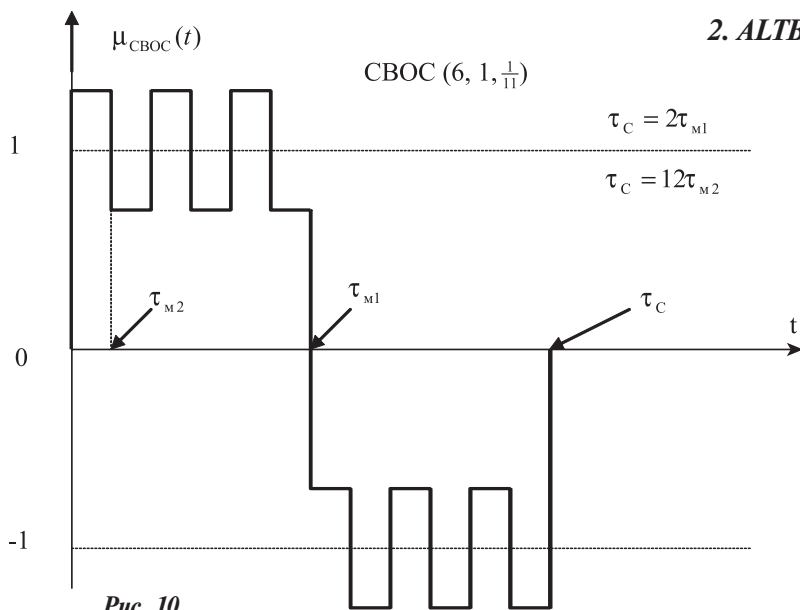


Рис. 10

Подводя итог рассмотрению МВОС – сигналов, заметим, хотя к настоящему времени какие-либо заключительные выводы о предпочтительности применения ТМВОС – модуляции или

СВОС – модуляции в новых сигналах СРНС еще не сформулированы, одним из заслуживающих внимания вариантов использования МВОС – модуляции является такой: для сигналов модернизированной системы GPS в режиме L1C предполагается применение ТМВОС – модуляции типа ТМВОС (6, 1, 1/11), а для сигналов системы Galileo в режиме E1OS предполагается применение СВОС – модуляции типа СМВОС (6, 1, 1/11) [8, 25, 26].

Применительно к этому варианту построения МВОС – сигналов на рис.11 представлен график энергетического спектра $S_{\text{СВОС}}(f)$ одиночного составного символа $\mu_{\text{СВОС}}(t)$ последовательности дальномерного кода СВОС – сигнала (или усредненного энергетического спектра $S_{\text{ТМВОС}}(f)$ используемых меандровых символов $\mu_{c1}(t)$ и $\mu_{c2}(t)$

последовательности дальномерного кода ТМВОС – сигнала), вычисленного согласно (42). Входящие в формулу (42) спектры $S_{\text{ВОС}(1,1)}(f)$ и $S_{\text{ВОС}(6,1)}(f)$ рассчитаны в соответствии с (37).

При сопоставлении графиков энергетических спектров $S_{\text{МВОС}}(f)$ и $S_{\text{ВОС}(1,1)}(f)$ (см. рис. 11 и рис. 5) видно заметное увеличение доли мощности составляющих спектра около частот ± 6 МГц (или для соответствующего радиосигнала в области частот $f_H \pm 6$ МГц), что и обуславливает отмеченные ранее преимущества МВОС – сигналов по сравнению с обычными ВОС – сигналами.

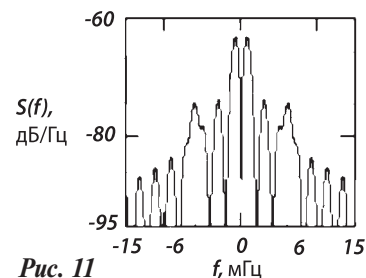


Рис. 11

2. ALTВОС – сигналы

Среди всего многообразия комбинированных МШПС, которые претендуют на роль новых сигналов в СРНС грядущего поколения, AltВОС – сигналы заметно выделяются своими свойствами и характеристиками, что обусловлено принципом их построения.

Как предполагается, AltВОС – сигналы с модуляцией типа AltВОС (15,10) найдут применение в системе Galileo на несущей частоте $f_H = 1191,795$ МГц (в диапазоне E5) как более предпочтительная альтернатива двум ШПС с традиционной фазовой манипуляцией несущей, один из которых имеет несущую частоту $f_H = 1176,45$ МГц (диапазон E5a), а другой – несущую частоту $f_H = 1207,14$ МГц (диапазон E5b) [23, 27, 28].

Особенность формирования AltВОС – сигналов заключена в использовании комплексного меандрового колебания (комплексной меандровой модуляции) в отличие от обычного меандрового колебания (см. выражения (2) и (3)), применяемого в традиционных ВОС – сигналах или в МВОС – сигналах [27, 28]. Иными словами, в основе построения AltВОС – сигналов лежит использование комплексных МПСП (аналогично тому, как в основе построения традиционных ВОС – сигналов лежит использование обычных МПСП).

Комплексная МПСП дальномерного кода (модулирующая функция AltВОС – сигнала) $d(t)$ определяется, как и ранее, выражением (2), но в случае AltВОС – модуляции вместо меандрового колебания $r(t)$, характеризуемого (3), используется комплексное меандровое колебание $r_k(t)$, которое имеет вид [27, 28]:

$$r_k(t) \triangleq r_{\text{cos}}(t) + j r_{\text{sin}}(t), \quad (52)$$

где синусное меандровое колебание $r_{\text{sin}}(t)$ и косинусное меандровое колебание $r_{\text{cos}}(t)$ определяются соответственно (3) и (7).

В случае обычных ВОС – сигналов операция произведения (2) с учетом (3) обуславливает (при N_M –

четном) «расщепление» спектра на две расположенные симметрично выше и ниже несущей частоты f_H части, которые условно называются верхним и нижним лепестками спектра (см., например, рис.5). У AltВОС – сигналов операция произведения (2) с учетом (52), т.е. благодаря комплексному меандровому колебанию $r_k(t)$, не ведет к «расщеплению» спектра, но вызывает его смещение относительно f_H в область более высоких частот, образуя в своей основе только верхний лепесток. Используя в произведении (3) вместо (52) комплексно-сопряженный процесс:

$$r_k^*(t) \stackrel{\Delta}{=} r_{\cos}(t) - j r_{\sin}(t), \quad (53)$$

можно обусловить смещение спектра относительно f_H в область более низких частот, формируя в своей основе только нижний лепесток.

Располагая двумя различными ПСП $g_1(t)$ и $g_2(t)$, а также двумя разными навигационными сообщениями $\vartheta_1(t)$ и $\vartheta_2(t)$, на основе AltВОС – модуляции удастся сформировать один единый AltВОС – сигнал, у энергетического спектра которого верхний лепесток обусловлен ПСП $g_1(t)$ и СИ – кодом $\vartheta_1(t)$, а нижний – ПСП $g_2(t)$ и СИ – кодом $\vartheta_2(t)$. В соответствии с таким принципом построения верхний и нижний лепестки энергетического спектра одного AltВОС – сигнала содержат различную информацию.

Подобная возможность с помощью одного AltВОС – сигнала передавать два различных потока информации является важным достоинством этого класса радиосигналов [27, 28].

Заметим, если информация для верхнего и нижнего лепестков спектра одна и та же (т.е. $g_1(t) = g_2(t)$ и $\vartheta_1(t) = \vartheta_2(t)$), то AltВОС – сигнал трансформируется в обычный ВОС – сигнал.

Рассмотрим построение полного AltВОС – сигнала на примере модуляции типа AltВОС (15,10) применительно к СРНС Galileo для диапазона частот Е5 [23, 27, 28]. Технические параметры такого AltВОС – сигнала имеют следующие значения: $f_H = 1191,795$ МГц, $f_{on} = 1,023$ МГц, $f_M = 15$, $f_{on} = 15,345$ МГц, $f_c = 10$, $f_{on} = 10,23$ МГц, коэффициент кратности $N_M = 3$.

Комплексная МПСП $d_{AltВОС}(t)$ рассматриваемого AltВОС – сигнала формируется в виде:

$$d_{AltВОС}(t) = g_1(t) r_k(t) + g_2(t) r_k^*(t), \quad (54)$$

где $g_1(t)$ и $g_2(t)$ – ПСП дальномерных кодов; $r_k(t)$ и $r_k^*(t)$ – комплексное и комплексно-сопряженное меандровые колебания, определяемые (52) и (53).

С учетом (52) и (53) выражение (54) может быть преобразовано:

$$d_{AltВОС}(t) = d_{ВОС1}(t) + j d_{ВОС2}(t), \quad (55)$$

$$\text{где } d_{ВОС1}(t) \stackrel{\Delta}{=} [g_1(t) + g_2(t)] r_{\cos}(t) - \text{косинусная МПСП,} \quad (56)$$

$$d_{ВОС2}(t) \stackrel{\Delta}{=} [g_1(t) - g_2(t)] r_{\sin}(t) - \text{синусная МПСП.} \quad (57)$$

Видно, что каждая из МПСП $d_{ВОС1}(t)$ и $d_{ВОС2}(t)$ характеризует обычный ВОС – сигнал (в частности,

для СРНС Galileo с модуляцией типов cosВОС (15,10) и sinВОС (15,10) соответственно), причем каждый из сигналов содержит свою информацию. Комплексная МПСП $d_{AltВОС}(t)$, состоящая из синфазной компоненты $d_{ВОС1}(t)$ и квадратурной компоненты $d_{ВОС2}(t)$, определяет два обычных ВОС – сигнала, находящихся в квадратуре и содержащих разную информацию.

Получим выражение для модулирующей функции AltВОС – сигнала СРНС Galileo применительно к рассматриваемому примеру, опираясь на общую формулу (55). В таком случае модулирующая функция $d_{AltВОС, П}(t)$ полного AltВОС – сигнала, который представляет собой находящиеся в квадратуре информационный сигнал и пилот-сигнал, имеет вид

$$d_{AltВОС, П}(t) = d_{AltВОС, I}(t) + j d_{AltВОС, Q}(t), \quad (58)$$

где $d_{AltВОС, I}(t)$ – комплексная МПСП, характеризующая информационный сигнал (синфазная компонента – I); $d_{AltВОС, Q}(t)$ – комплексная МПСП, характеризующая пилот-сигнал (квадратурная компонента – Q).

Каждая из модулирующих функций $d_{AltВОС, I}(t)$ и $d_{AltВОС, Q}(t)$ в соответствии с (55), (56) и (57) может быть преобразована к виду:

$$d_{AltВОС, I}(t) = [g_a(t) \vartheta_a(t) + g_b(t) \vartheta_b(t)] r_{\cos}(t) + j [g_a(t) \vartheta_a(t) - g_b(t) \vartheta_b(t)] r_{\sin}(t), \quad (59)$$

$$d_{AltВОС, Q}(t) = [g'_a(t) + g'_b(t)] r_{\cos}(t) + j [g'_a(t) - g'_b(t)] r_{\sin}(t), \quad (60)$$

где $g_a(t)$ и $g_b(t)$ – ПСП дальномерных кодов информационного сигнала, соответствующие диапазонам частот Е5а и Е5б; $\vartheta_a(t)$ и $\vartheta_b(t)$ – СИ – коды (навигационные сообщения) информационного сигнала, соответствующие диапазонам частот Е5а и Е5б; $g'_a(t)$ и $g'_b(t)$ – ПСП дальномерных кодов пилот-сигнала, соответствующие диапазонам частот Е5а и Е5б.

Итоговое выражение для модулирующей функции $d_{AltВОС, П}(t)$ полного AltВОС – сигнала согласно (58) с учетом (59) и (60) принимает вид

$$d_{AltВОС, П}(t) = [g_a(t) \vartheta_a(t) + g_b(t) \vartheta_b(t)] r_{\cos}(t) - [g'_a(t) - g'_b(t)] r_{\sin}(t) + j \{ [g_a(t) \vartheta_a(t) - g_b(t) \vartheta_b(t)] r_{\sin}(t) + [g'_a(t) + g'_b(t)] r_{\cos}(t) \}. \quad (61)$$

Рассмотренный в примере AltВОС – сигнал является весьма широкополосным и занимает полосу частот не менее 70 МГц [23, 27], благодаря чему он обладает дополнительными преимуществами (помимо указанных ранее) в точности и помехоустойчивости.

В заключение заметим, что в статье не обсуждались сигналы экспериментальной СРНС типа Compass (Китай), поскольку в ее сигналах использование ВОС – модуляции пока не предусматривается, а упор делается на традиционные ШПС с модуляцией типов BPSK и QPSK [29].

Литература

1. Кинкулькин И. Е., Сурков Д. М. Главные направления НИР и ОКР по созданию нового поколения спутниковых бортовых авиационных приемников с учетом развития и модернизации СНС. – М: Новости навигации, 2006, № 4.
2. Ярлыков М. С. Меандровые шумоподобные сигналы (ВОС – сигналы) в новых спутниковых радионавигационных системах. – М.: Радиотехника, 2007, № 8.
3. 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.
4. Betz J. W. Binary Offset Carrier Modulations for Radionavigation. – Navigation, Journal of ION, Vol. 48, № 4, Winter 2001 – 2002.
5. Gerein N., Olynik M., Clayton M. Galileo BOC (1,1) Prototype Receiver Development. – Proceeding of the Institute of Navigation's GNSS, September 2004.
6. Burian A., Lohan E., Renfors M. Filter Design Considerations for Acquisition of BOC – modulated Galileo Signals. – CD ROM. Proceeding of the 16 Annual IEEE International Symposium on Personal and Mobile Radio Communications, Berlin, Germany, September 2005.
7. Barker B. C., Betz J. W., Clark J. E., Correia J. T., Gillis J. T., Lazar S., Reborn K. A. Overview of the GPS M Code Signal. – Proceeding of the National Technical Meeting of the Institute of Navigation (ION – NTM'2000), January 2000.
8. Hein G. W., Avila – Rodriguez J. A., Wallner S. et al. MBOC: The New Optimized Spreading Modulation Recommended for Galileo L1OS and GPS L1C. – Proceeding of the Position Location and Navigation Symposium of the Institute of Navigation, April 2006.
9. Wallner S., Hein G. W., Avila – Rodriguez J. – A. Interference Computations between Several GNSS Systems. – Proceedings of European Space Agency, Navitec 2006, Noordwijk, the Netherlands, Dec. 2006.
10. Тузов Г. И. Статистическая теория приема сложных сигналов. – М.: Сов. радио, 1977.
11. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985.
12. Шибшаевич В. С., Дмитриев П. П., Иванцевич Н. В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. 2 – е изд. – М.: Радио и связь, 1993.
13. Бакитько Р. В., Булавский Н. Т., Горев А. П. и др. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. – М.: Радиотехника, 2005.
14. Burian A., Lohan E., Renfors M. Oversampling Limits for Binary Offset Carrier Modulation for the Acquisition of Galileo Signals. – CD ROM. Proceeding of Nordic Radio Symposium and Finnish Wireless Communications Workshop, Oulu, Finland, August 2004.
15. Seidl L. Experimental Galileo Receiver. – In Radioelektronika 2006 – Conference Proceedings, Slovak University of Technology, Bratislava, 2006.
16. Голубов Б. И., Ефимов А. В., Скворцов В. А. Ряды и преобразования Уолша. Теория и применения. – М.: Наука, Гл. ред. ФМ литературы, 1987.
17. Hein G. W., Irsigler M., Avila – Rodriguez J. A., Pany T. Performance of Galileo L1 Signal Candidates. – Proceeding of the European Navigation Conference GNSS, Rotterdam, The Netherlands, May 2004.
18. Каганов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: ФОРУМ: ИНФРА – М, 2005.
19. Варакин Л. Е. Теория сложных сигналов. – М.: Сов. радио, 1970.
20. Алексеев А. И., Шереметьев А. Г., Тузов Г. И., Глазов Б. И. Теория и применение псевдослучайных сигналов. – М.: Наука, 1969.
21. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника, 2-е изд. – М.: Сов. радио, 1982.
22. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации/Под ред. В. Б. Пестрякова. – М.: Сов. радио, 1973.
23. Betz J. W., Blanco M. A., Cahn Ch. R. et al. Description of the L1C Signal. – Proceedings of the 19th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS, September 2006.
24. Sleewaegen J.-M., Wim De Wilde, Hollreiser M. Galileo AltBOC Receiver. – Proceedings of the European Navigation Conference GNSS 2004, Rotterdam, Holland, May 2004.
25. Lohan E., Renfors M. Correlation Properties of Multiplexed Binary Offset Carrier (MBOC) Modulation. – in 13th European Wireless Conference 2007 (EW 2007), Paris, France, April, 2007.
26. Avila – Rodriguez J. – A., Wallner S., Hein G. W. et al. CBOC – an Implementation of MBOC. – in First Centre National D'Etudes Spatiales (CNES) Workshop on Galileo Signals and Signal Processing, Toulouse, France, October 2006.
27. Ries L., Lestarquit L., Erhard P. et al. Software Simulation Tools for GNSS 2 BOC – signal Analysis. – Proceedings of the Institute of Navigation, GPS 2002, Portland, USA, September 2002.
28. Hein G. W., Godet J., Issler J.-L et al. Status of Galileo Frequency and Signal Design. – Proceedings of the Institute of Navigation, GPS 2002, Portland, USA, September 2002.
29. Grelier T., Dantepal J., Delatour., Ghion A., Ries L. Initial Observations and Analysis of Compass MEO Satellite Signals. – Inside GNSS, May/June 2007, Vol. 2, Number 4.

НАВИГАЦИОННЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СВЯЗНЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА¹

О. А. Борсук²

В докладе рассматриваются современные микроминиатюрные навигационные модули разработки ЗАО «КБ НАВИС», предназначенные для работы в системах мониторинга наземных объектов. Излагаются основные принципы построения модулей для встраиваемых систем, технические и эксплуатационные характеристики

NAVIGATION-COMMUNICATION MODULES FOR LAND TRANSPORT MONITORING

O. Borsuk

The paper presents advanced navigation micro modules designed by the NAVIS Design Bureau for monitoring land mobile objects. Construction principles for built-in modules are considered and technical and operating characteristics are discussed

Спутниковые навигационные системы (СНС) на сегодняшний день являются практически основным источником получения навигационной информации в системах мониторинга наземного транспорта. Причинами столь широкого использования спутниковых навигационных систем являются высокие технические характеристики определения основных навигационных параметров (координат, скорости, времени) и степень доступности (глобальности) их определения, отсутствие ограничений в диапазонах определения значений навигационных параметров (низкодинамичные и высокодинамичные объекты) и одновременно практически неограниченные возможности по уменьшению массогабаритных характеристик и потребляемой мощности.

На протяжении более чем 20-летнего периода практического использования спутниковых навигационных систем аппаратура потребителей уменьшилась с десятков килограммов и десятков кубических дециметров до единиц граммов и единиц кубических сантиметров (т. е. примерно в 1000 раз). Точности определений навигационных параметров улучшились более чем в 100 раз.

Технологии с использованием глобальных спутниковых навигационных систем (СНС) все шире входят в повседневную жизнь. Наряду с расширением использования СНС в традиционных областях, таких как навигационные транспортные и диспетчерские системы, все чаще аппаратура СНС применяется в системах, далеких от навигации, таких как, например, системы временной синхронизации, оказания первой помощи или подповерхностного зондирования.

В первую очередь, это связано с бурным развитием микроэлектроники, технологий использования

мобильной связи, а также с развитием и совершенствованием самих спутниковых навигационных технологий (в данном случае под термином «технология» понимается область применения).

Навигационная технология проходит период бурного роста, что подтверждается стабильной инвестиционной активностью в этой области и растущим информационным полем вокруг нее.

Наблюдается естественный процесс глобализации использования спутниковых навигационных

Таблица 1.

Основные характеристики навигационных параметров спутниковых систем

| Диапазон определяемых параметров наземных потребителей: | |
|--|-----------------------------|
| Наименование параметра | Значение |
| координаты | глобально (без ограничений) |
| высота | до 100 км |
| скорость | до 8000 м/с |
| Предельная погрешность автономного определения координат | менее 10 м |
| Предельная погрешность дифференциального определения координат | менее 1 м |
| Предельная погрешность относительного определения координат | менее 1 м |
| Предельная погрешность фазовых определений координат | менее 3 мм |
| Предельная погрешность определения углов ориентации | 0,1 град |
| Предельная погрешность определения скорости (равномерное движение) | менее 0,1 м/с |
| Погрешность определения времени | менее 30 нс |

¹ Доклад на Международном форуме по спутниковой навигации 9-10.04.07.

² О.А. Борсук – сотрудник ЗАО «КБ «НАВИС»

технологий, адекватными ответными действиями которому должны стать повышение надежности, достоверности и безопасности доступа к данным технологиям.

Основные характеристики навигационных параметров, формируемых спутниковыми приемниками в системах управления подвижными объектами, приведены в таблице 1³.

Доступность навигационных определений по сигналам существующих спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/НАВСТАР и с учетом планируемой к разворачиванию европейской системы Галилео превышает 0,99.

Навигационные датчики используют современный уровень микроэлектроники и оптимизированы по критериям цена/качество/назначение.

К основным недостаткам спутниковых навигационных датчиков необходимо отнести относительно низкую помехозащищенность, присущую практически всем радиотехническим системам, и невозможность определения навигационных параметров при отсутствии (ослабленности) сигналов СНС в зоне радиовидимости антенн спутниковых приемников.

Основные направления развития спутниковых навигационных технологий в первую очередь направлены на компенсацию и устранение данных недостатков.

Основными требованиями, предъявляемыми к современным навигационным модулям со стороны систем мониторинга наземного транспорта, являются:

- требования к глобальности и непрерывности навигационных определений, которые предполагают использование сигналов всех доступных навигационных систем (ГЛОНАСС/НАВСТАР/Галилео) и функциональных дополнений, использование алгоритмов работы с сигналами пониженной мощности (режимы Assisted), возможность комплексирования с инерциальными датчиками или наличия последних в составе модуля, определение навигационных параметров в условиях воздействия непреднамеренных помех;
- требования к минимизации времени доступа к навигационной информации, предполагающие использование специальных алгоритмов обработки сигналов и начальных определений;
- требования к точности и полноте навигационной информации, предполагающие наличие высококачественных измерительных каналов;
- требования к целостности и достоверности навигационной информации для системы мониторинга, касающиеся наличия качественных алгоритмов контроля целостности решения навигационной задачи (RAIM, AAIM);
- требования преемственности и «открытости» программного обеспечения навигационного датчика

для заказчика, позволяющие оперативно изменять технические характеристики модуля под требования заказчика, использовать свободные вычислительные ресурсы навигационного модуля под пользовательские задачи заказчика;

- требования к наличию разнообразных универсальных интерфейсов, позволяющих интегрировать навигационный модуль в систему без дополнительных затрат;
- требования к минимизации стоимости навигационного модуля, как элемента системы.

Навигационные модули разработки ЗАО «КБ НАВИС», предназначенные для применения в системах мониторинга, можно условно разбить на три группы:

- навигационные модули для профессиональных применений с высокими требованиями к условиям эксплуатации и надежности модулей;
- навигационные OEM-модули для встраивания в системы мониторинга наземного транспорта;
- программные навигационно-связные модули для построения различных пользовательских систем (SDR).



Отличительной особенностью модулей для профессиональных применений являются высокие технические и эксплуатационные характеристики, характеристики устойчивости модулей к внешним помехам, устойчивость модулей к жестким условиям эксплуатации (механические и климатические воздействия), возможность встраивания модулей в различные системы и комплексы при помощи стандартных высокопроизводительных системных интерфейсов (PCI-интерфейс).

Стоимостные характеристики в данной группе модулей не являются определяющими.

Внешний вид модуля ГНСС для гражданских авиационных применений приведен на рис. 1. Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 2.

Особенностью OEM-модулей второй группы является то, что практически всегда основным определяющим критерием у них является стоимость модуля, далее идут эксплуатационные характеристики

³ Требуют уточнения (ред.)

(массогабаритные, потребление), открытость интерфейсов и протоколов, практически на последнем месте – качество технических параметров.

В связи с этим практически все OEM-модули, разрабатываемые в России для внутреннего рынка, изначально проигрывают основным мировым брендам GPS-модулей.

Отличительными особенностями модулей второй группы являются:

- OEM-модули разрабатываются с учетом приоритета работы по СНС ГЛОНАСС (двухсистемные – ГЛОНАСС/GPS, многосистемные – ГЛОНАСС/GPS/Галилео/WAAS⁴);
- в отсутствие сложившегося рынка OEM-модули разрабатываются как универсальные платформы с достаточно большой избыточностью;
- технические и эксплуатационные характеристики разрабатываемых OEM-модулей являются определяющими и превышают соответствующие характеристики зарубежных коммерческих аналогов;
- стоимость многосистемных модулей всегда будет выше стоимости односистемных модулей GPS.

На сегодняшний день ряд модулей второй группы представлен двумя модулями, находящимися в стадии производства (СН4701 и СН4706) и одним модулем в стадии разработки. Основные этапы разработки OEM-модулей приведены на рис. 2.

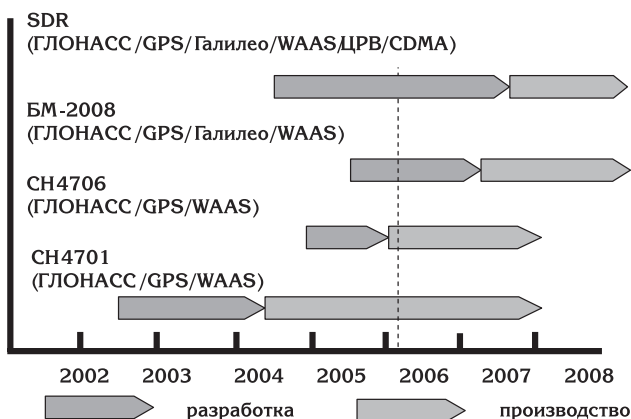


Рис. 2. Основные этапы разработки и производства OEM-модулей

Модуль СН4701 изначально проектировался как OEM-модуль для коммерческих встраиваемых применений. Особенностью модуля являются:

- высокая помехозащищенность к внеполосным помехам (соответствует требованиям КТ-34-01 и SARPS);
- качественные RAIM – алгоритмы;
- стойкость к жестким условиям эксплуатации;
- высокий темп решения навигационной задачи (до 10 Гц);
- наличие встроенного имитатора сигналов, обеспечивающего автономный контроль и калибровку приемника.

⁴ Под WAAS понимается космическая система функционального дополнения типа WAAS (ред.)

Основное назначение модуля СН4706 – использование в коммерческих системах управления и контроля движения, телекоммуникационных системах, системах временной синхронизации в качестве SMT-компонента. Отличительными особенностями модуля являются:

- отдельные тракты приема ГЛОНАСС/GPS;
- использование технологии многокристалльных модулей (МКМ) при производстве;
- модуль предназначен для встраивания в различные системы методом SMT-монтажа;
- пониженное потребление мощности при различных режимах работы (до 300 мВт);
- малые габаритные размеры модуля (35×35×6 мм);
- значительные вычислительные ресурсы, доступные пользователю;
- возможность построения открытых пользовательских систем;
- расширенные интерфейсы (LCD, RS-232, SPI, GPIO);
- версии ПМО, адаптированные под динамику потребителя;
- использование специализированной элементной базы разработки ЗАО «КБ НАВИС».

Модуль СН4706 имеет возможность значительно увеличения вычислительной мощности и решение части задач пользователя с использованием внутренних ресурсов модуля. Широкий выбор пользовательских интерфейсов позволяет строить на базе модуля различные системы: от систем мониторинга до систем персональной навигации.

Структурная схема модуля СН4706 и схемы подключения модуля к аппаратуре пользователя приведены на рис. 3 и 4. Типовая характеристика помехозащищенности модуля СН4706 с отдельными приемными трактами ГЛОНАСС/GPS приведена на рис. 5.

На базе модулей СН4701 и СН4706 в ЗАО «КБ НАВИС» разрабатываются модули, интегрированные с микромеханическими (МЭМС) датчиками, для задач построения интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Интегрированный модуль позволяет автономно работать в условиях полного отсутствия сигналов СНС, тоннелей, эстакад, затенений (лесистая местность), плотной городской застройки и получать навигационные параметры с точностью, превышающей точность работы по отдельным системам.

На основе интегрированного модуля предполагается провести работы по оценке возможности автоматического управления движением наземных объектов (ADAS).

Габаритные размеры малогабаритного интегрированного модуля не превышают 120×80×30 мм.

Структурная схема интегрированного модуля приведена на рис. 6.

Развитием работ по модулю СН4706 является разработка модуля БМ2008.

- Модуль БМ2008 имеет следующие особенности:
- работа по открытым кодам СНС Галилео;
 - работа в режиме Assisted;
 - высокая чувствительность приемника;
 - минимальное время «горячего» старта;
 - отдельные тракты приема ГЛОНАСС/GPS;
 - малые габаритные размеры модуля (35×35×6 мм) и менее;
 - низкое потребление от 50 до 300 мВт;
 - относительно низкая стоимость модуля.

На основе модуля БМ2008 предполагается провести смену специализированной элементной базы и перейти на более технологичные нормы проектирования, что позволит сделать качественный скачок в развитии навигационных технологий.

Структурная схема модуля БМ2008 приведена на рис. 7.

Отдельным направлением в развитии навигационных модулей является построение программных приемных модулей (SDR), в которых вся обработка сигнала после аналогового преобразования осуществляется на программном уровне («обработка сигнала приближена к антенному входу»).

До последнего времени данные приемники использовались только в исследовательских целях, однако с развитием микроэлектроники и появлением высокопроизводительных многоядерных вычислительных систем, стало возможным говорить о коммерческом использовании данных разработок.

Программные приемники можно рассматривать как будущую платформу для построения не только навигационных, но связанных приемников, так как этот класс

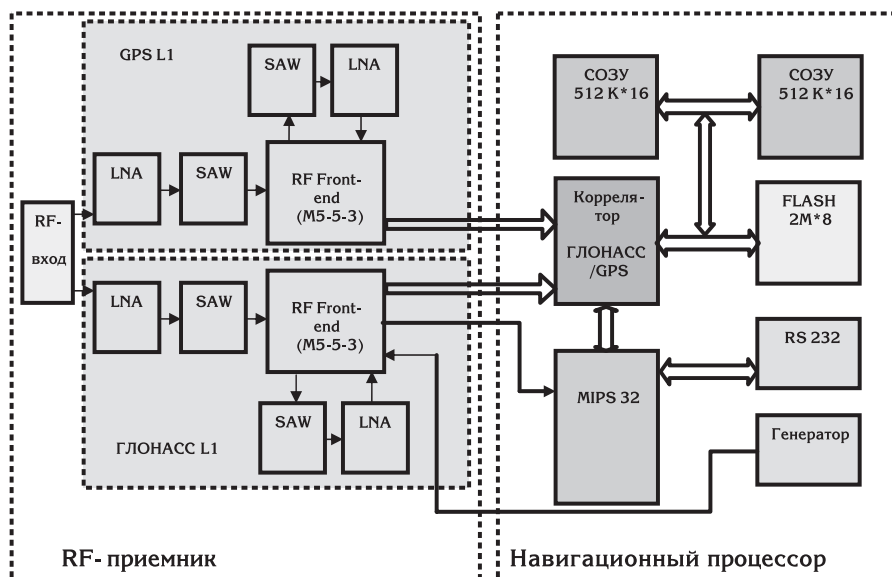


Рис. 3. Структурная схема модуля СН4706

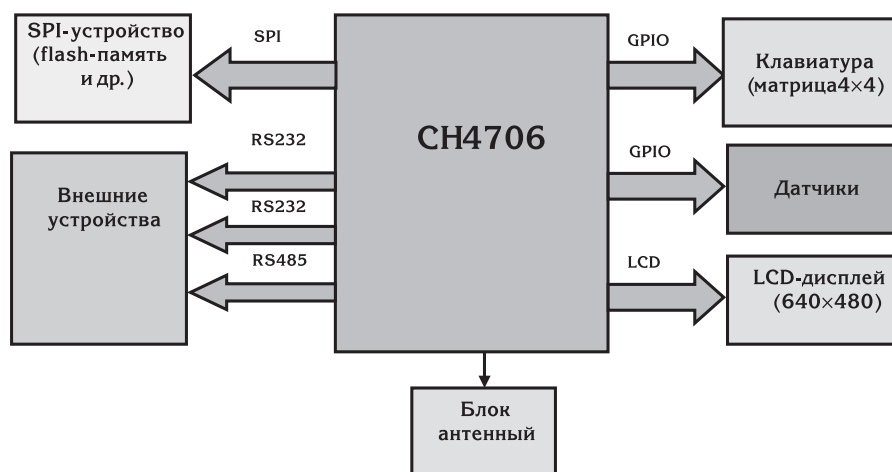


Рис. 4. Варианты подключения модуля СН4706 к внешним потребителям

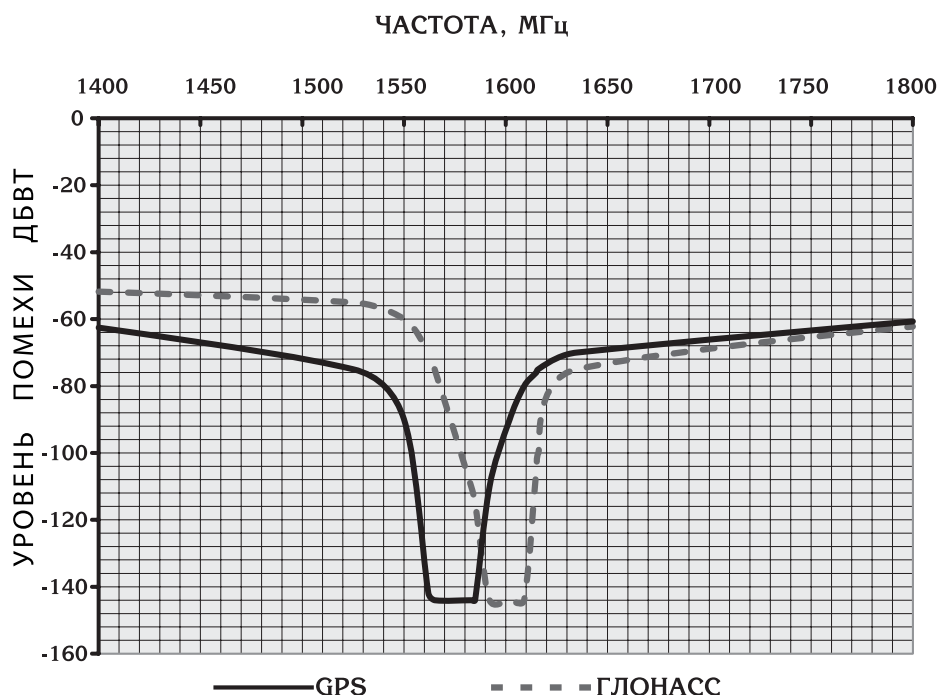


Рис. 5. Помехозащищенность модуля СН4706

приемников (SDR) практически не зависит от типа обрабатываемого сигнала, его модуляции, полосы и других характеристик.

Работы по разработке программного приемника ведутся в рамках ОКР «Компоненты-Мультисистема».

Отличительными особенностями разрабатываемого SDR модуля являются:

- модуль предназначен для применения в Sol-оборудовании;
- количество каналов – до 50;
- отдельные тракты приема ГЛОНАСС/GPS/Галилео;
- работа по сигналам OS, Sol сервиса Галилео;
- возможность приема и обработки любого сигнала с полосой до 30 МГц;
- работа в режиме Assisted;
- высокая чувствительность приемника – минус 180 дБВт;
- высокая помехозащищенность от помех различных типов (гармонических, импульсных, широкополосных);
- значительные вычислительные ресурсы, доступные пользователю;
- возможность построения открытых систем;
- расширенные интерфейсы (I2C, RS-232, SPI, GPIO, USB2.0 slave);
- адаптированные версии ПМО под динамику потребителя.

Структурная схема модуля SDR приведена на рис. 8.

ВЫВОДЫ

ЗАО «КБ НАВИС» предлагает достаточно широкий ряд OEM-модулей для внедрения в системы мониторинга автомобильного транспорта. Высокие технические характеристики, использование унифицированных интерфейсов, открытость модулей под реализацию дополнительных функций заказчика, позволяют без значительных затрат использовать навигационные модули в различных системах и комплексах.

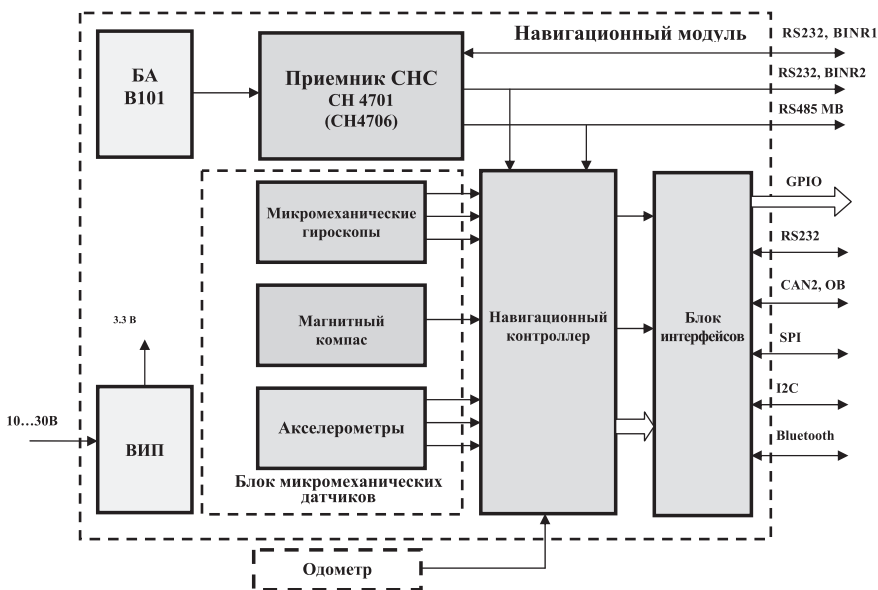


Рис. 7. Структурная схема модуля BM2008

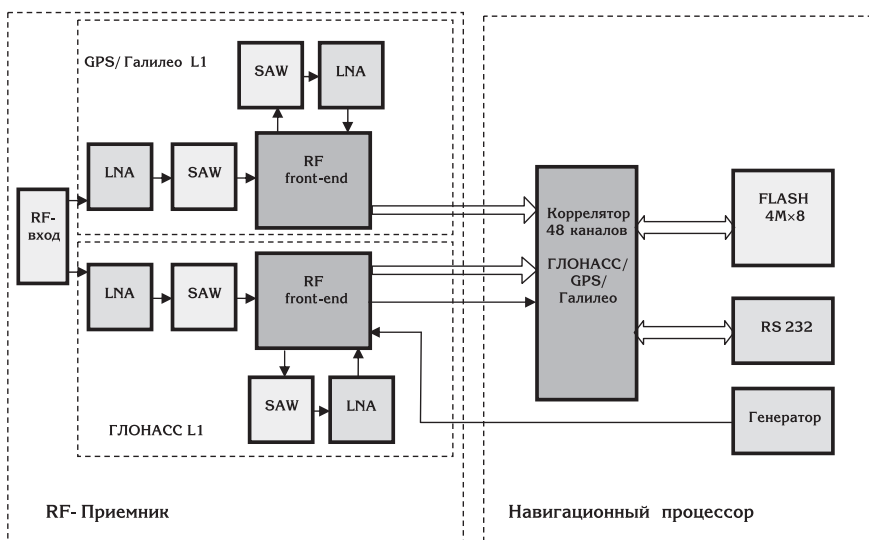


Рис. 8. Структурная схема модуля SDR

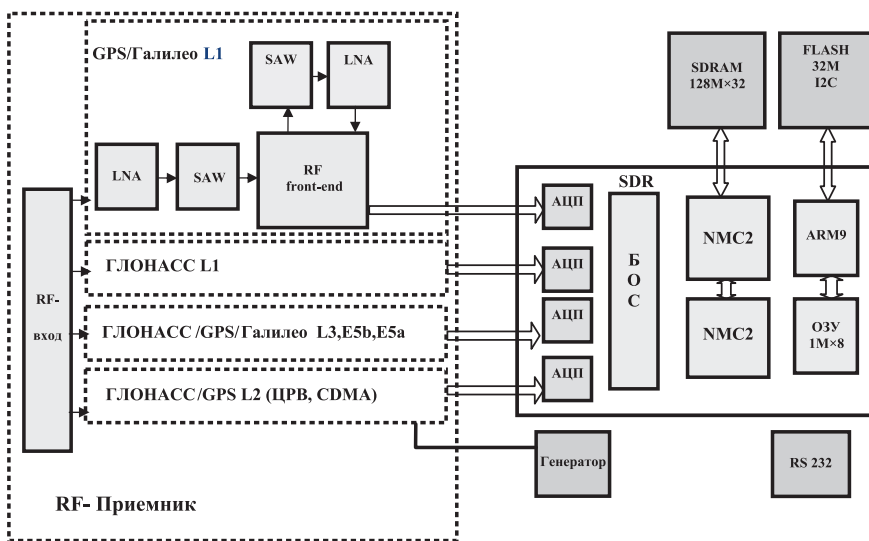


Рис. 6. Структурная схема интегрированного модуля

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХАХ

А. Н. Коротношко, Ю. М. Перунов

USING RADIO SURVEILLANCE AIDS TO IMPROVE ROBUSTNESS OF TRANSPORT MEANS IN JAM

A. Korotonoshko, Yu. Perunov

По результатам проведенных исследований помехозащищенности транспортных систем установлено, что первоочередными мерами противодействия постановки любых видов помех глобальным навигационным спутниковым системам (ГНСС) являются меры предупреждения возникновения помеховой угрозы. Для реализации таких мер необходимо введение в систему мониторинга ГНСС и локальных системах безопасности движения воздушного и водного транспорта, а также на некоторых бортах пользователей специальных средств (станций) радиотехнической разведки (РТР) с функциями выявления факта подавления приемника ГНСС, обнаружения и локализации источников помех.

Выявление факта наличия помех гражданским потребителям ГНСС возможно на ряде систем, объектов и технических средств систем ГНСС. Основные из них:

- система мониторинга состояния систем космических аппаратов, входящих в ГНСС;
- дифференциальные станции корректировки навигационных координат и обеспечения целостности информации;
- автономные бортовые средства контроля целостности (системы АAIM и RAIM в гражданской авиации), в том числе бортовые радиотехнические средства выявления помех.

Средства радиотехнической разведки в этих системах могут использоваться не только для выявления наличия помех, но и для их идентификации, то есть определения вида, характеристик помех и оценки степени их угрозы для каждого частотного канала ГНСС. Кроме того, эти средства могут использоваться для контроля наличия непреднамеренных помех и выявления их источников, для контроля общей электромагнитной обстановки.

На системном уровне выявление преднамеренных помех может осуществляться как в широкой зоне спутниковой навигации с общим оповещением потребителей и служб управления движением, так и в локальной зоне в системах потребителей, которые контролируют критичные по безопасности транспортные операции. Широкозонные средст-

ва выявления помех и радиотехнической разведки целесообразно включать в состав системы мониторинга сигналов ГНСС, а локальные должны быть принадлежностью служб управления движением и контроля в аэропортах, морских и речных портах, в прибрежных акваториях, со сложными гидрографическими условиями плавания и т.д.

Широкозонные системы РТР. Основные требования к широкозонной системе мониторинга помеховой обстановки следующие:

- система должна выявлять источники помех любой мощности и всех видов базирования – наземные, на воздушных носителях (самолетах, аэростатах), действующие в контролируемом районе;
- зоной действия системы должен являться регион, сопряженный по размерам с зоной мониторинга сигналов ГНСС;
- система должна выявлять факт радиоэлектронного подавления с точностью до подавляемого диапазона ГНСС, то есть L1, L2 и L5 – GPS и L1, L2 и L3 – ГЛОНАСС;
- система должна информировать всех некритичных по времени предупреждения потребителей о пораженных диапазонах работы (или полном выходе из строя) ГНСС в режиме с оперативностью 10-20 минут для принятия ими необходимых мер – прекращения использования ГНСС или перехода на навигацию по непораженным каналам;
- система должна передавать указанную выше информацию локальным системам мониторинга с оперативностью до 2-х минут.

Локальные системы РТР. Локальные средства радиотехнической разведки должны иметь своим основным назначением оперативное выявление передатчиков террористического подавления для применения соответствующих мер службами движения и правоохранительными органами.

Соответственно основными тактическими требованиями к таким средствам должны быть следующие:

- обнаружение наземных террористических передатчиков помех мощностью от 1 до 50 Вт в зоне ответственности аэропорта, порта, транспортного узла;

- время предупреждения о факте появления помех до 10 с;
- определение пораженных частотных диапазонов ГНСС, (L1, L2, L5 – GPS и L1, L2, L3 – ГЛОНАСС) с целью определения возможности завершения транспортной операции на непораженных помехами частотах ГНСС;
- определение местоположения источника террористических помех для принятия оперативных мер соответствующими органами или использования пространственной селекции сигналов ГНСС для борьбы с помехами. Необходимость реализации этого требования должна быть определена позже.

Автономные бортовые средства РТР. Наиболее удобным для организации действий персонала при возникновении помеховой ситуации было бы определение факта наличия помех бортовыми автономными средствами радиотехнической разведки. Это удобство заключается в том, что между возникновением помех (появлением источника террористического подавления) и решением командира экипажа по своим действиям в этих условиях имеет место минимальная задержка во времени.

Бортовые средства выявления радиотехнических помех должны отвечать следующим тактическим требованиям:

- обнаружение террористических передатчиков помех (мощностью 1...50 Вт) в гражданской авиации на расстоянии 20...30 км от воздушного судна, для водного и наземного транспорта на расстояниях, обеспечивающих безопасность действия в соответствующих условиях плавания (движения);
- время предупреждения о факте появления помех до 5 с;
- определение пораженных частотных диапазонов ГНСС (L1, L2, L5 – GPS и L1, L2, L3 – ГЛОНАСС) с целью определения возможности завершения транспортной операции на непораженных помехами частотах ГНСС.

Исходя из системных требований, изложенных выше, можно определить состав основных технических характеристик, которые необходимо обеспечить в аппаратуре радиотехнической разведки (РТР). Такими характеристиками являются:

Чувствительность приемника РТР, которая обеспечивает в соответствующей помеховой обстановке определенную (заданную) вероятность обнаружения помехи и соответствующую вероятность ложной тревоги, то есть вероятность выдачи признака наличия помехи, при фактическом ее отсутствии на входе приемника;

Избирательность, которая применительно к данному конкретному применению характеризуется вероятностью правильной привязки признака помехи к соответствующему диапазону спутниковой навигации, например, L1, L2, и L3 для системы ГЛОНАСС или L1, L2 и L5 для системы GPS;

Время предупреждения. Время между моментом появления помехи и моментом выдачи признака помехи в систему управления или оператору (командиру экипажа);

Идентификация. Определение типа источников излучения. Такая идентификация может быть необходима в диапазонах L2, L3 и L5, которые используются совместно спутниковой навигацией и другими радиотехническими средствами, имеющими разрешение ИТУ¹ на работу в диапазоне частот ARNS (авиационных радиотехнических систем). Это системы ближней навигации DME, TACAN [3] и авиационные системы передачи данных типа JTIDS/MIDS, радиолокационные станции систем УВД гражданской авиации и Министерства обороны.

Определение норм чувствительности средств РТР

Как было показано, подавление приемников потребителей систем ГНСС искусственными или естественными помехами осуществляется или «замораживанием» определенных перед подавлением координат приемника или переходом приемника в режим поиска сигналов спутников. Этот поиск может идти в течение всего времени подавления приемника, то есть в условиях наличия на самолете системы анализа показаний датчиков всех доступных систем навигации практически через 3 – 5 секунд информация о факте подавления приемника ГНСС станет достоверной с вероятностью единица.

В случае отсутствия на самолете системы анализа показаний датчиков навигационных систем, когда есть только приемник ГНСС, как единственный источник навигационных данных самолета, определение наличия подавления помехами приемника может быть решено путем использования дополнительного датчика, определяющего наличие помех системе ГНСС.

Ранее было определено, что в условиях шумовых помех для подавления приемника ГНСС необходимо обеспечить превышение уровня мощности помехового сигнала на 40 дБ относительно уровня мощности сигнала передатчика спутника. Уровень сигнала на входе приемника потребителя от передатчиков ГНСС составляет минус 158...166 дБВт, то есть реальная чувствительность приемного устройства датчика обнаружителя помехи должна быть не менее минус 118...126 дБВт. При введении дополнительного запаса по соотношению сигнал/шум –14 дБ вероятность ложной тревоги при обнаружении помех будет составлять менее чем 10^{-5} , а вероятность пропуска помехового сигнала 10^{-4} . Быстродействие обнаружения наличия помехи приемнику ГНСС таким дополнительным приемником будет составлять единицы микросекунд. Следует отметить, что аналогичный расчет баланса чувствительности, рассчитанный в документах ИКАО, подтверждает указанные величины. При этом индикация наличия помех с уровнем

¹ Международный союз электросвязи

мощности помехи, достаточной для подавления приемника системы ГНСС не зависит от расстояния между источником помех и подавляемым приемником потребителя. Такой приемник РТР обеспечит также индикацию генераторных, шумовых некогерентных, узкополосных прицельных и заградительных помех.

Определение характеристик избирательности системы РТР

Раздельное (избирательное) определение наличия помех в различных частотных поддиапазонах работы системы ГНСС необходимо для того, чтобы эффективно использовать многочастотность спутниковой навигации для противодействия постановке террористических помех. По результатам определения факта наличия помех в каком-либо из поддиапазонов: L1, L2 и L5 GPS или L1, L2 и L3 ГЛОНАСС экипаж транспортного средства или система автоматического управления движением принимает решение о возможности перехода на свободные (не пораженные помехами) каналы спутниковой навигации и возможности завершения критичной транспортной операции (посадки воздушного судна, движения водного судна в узкостях и т. д.).

Схема размещения поддиапазонов L1, L2, L3 и L5, а также поддиапазонов, выделенных системе Galileo, приведена на рис. 1.

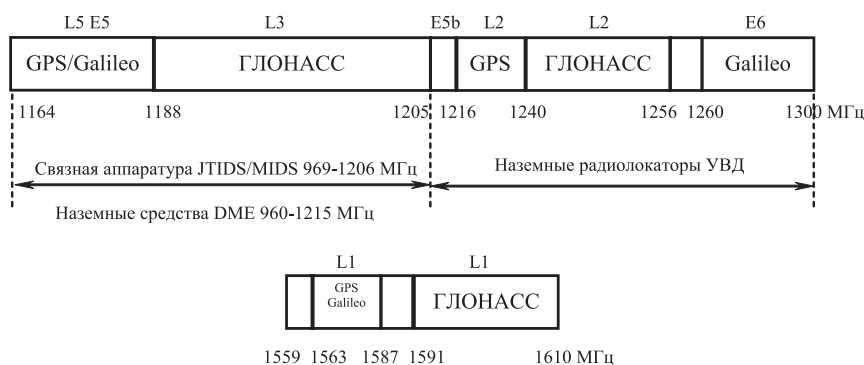


Рис. 1. Частотное распределение диапазонов спутниковой навигации

Из рис. 1 видно, что частотные диапазоны систем ГЛОНАСС и GPS в некоторых случаях (L5, L1) совмещены с диапазонами Galileo, а в остальном частоты этой системы размещены в защитных промежутках между поддиапазонами ГЛОНАСС и GPS. Наличие сигналов Galileo в общих диапазонах не изменяет общий уровень сигнала и поэтому в системе РТР специального учета этого фактора не требуется. Далее, поскольку в декодировании сигналов GPS и частично ГЛОНАСС участвует все частотное наполнение диапазона, то потеря при разведке защитных промежутков и крайних полос диапазонов мало влияет на вероятность определения факта помехи в системе РТР. Это позволяет при «расфилтровке» общего входного сигнала приемника РТР по поддиапазонам иметь фильтры с большими допусками на ширину полосы пропускания.

Другим принципиальным обстоятельством является тот факт, что в поддиапазонах L2, L3 и L5 кроме основных сигналов ГНСС присутствуют сигналы других РЭС, которые могут влиять на определение факта приема помехи в этих диапазонах.

Применительно к средствам обеспечения безопасности движения такими основными видами «других» РЭС являются радиолокаторы систем управления движения диапазона L2 (λ рлс = 23 см) и наземные системы радионавигации типа DME/TACAN – диапазоны L3 и L5. Кроме того, в диапазонах L3 и L5 МЭС разрешено использовать средства авиационной радиосвязи и передачи данных JTIDS/MIDS.

На территории Российской Федерации в диапазоне L2 используются радиолокационные средства УВД гражданской авиации и Министерством обороны – РЛС 23-х сантиметрового диапазона. Это трассовые радиолокаторы ТРЛК-10/11 и аэродромные радиолокаторы ТРЛК-А («Утес-А»), «Экран-85», «Иртыш» и ДРЛ-7СМ. Всего на территории РФ по состоянию на 2003 год в транспортном комплексе Российской Федерации находилось в эксплуатации 12 комплексов ТРЛК, 38 комплексов «Экран-85» и «Иртыш» и 106 радиолокаторов ДРЛ-7СМ этого диапазона.

Для других видов транспорта (кроме гражданской авиации) использование средств за контролем безопасности движения в диапазоне L2 ГНСС не предусматривается.

Это приводит к тому, что общее число РЛС этого диапазона в России с учетом их использования в Минобороны России не превосходит 250 – 300 единиц. При этом в зоне проведения транспортных операций можно ожидать не более 2 – 3 одновременно работающих РЛС. Поскольку все указанные РЛС работают в импульсном режиме с высокой степенью скважности и в ранее проведенных исследованиях было установлено, что они незначительно влияют на возможность выделения навигационного сигнала в приемнике ГНСС, поэтому в системе РТР наличие такого вида помех можно не учитывать.

В диапазоне ГЛОНАСС L3 и GPS L5 обстановка с импульсными помехами значительно сложнее. В этом диапазоне используются наземные радионавигационные средства гражданской авиации DME и военные TACAN. На территории Российской Федерации станции DME имеют ограниченное применение только для оборудования некоторых международных авиатрасс. Общее количество станций DME в России по данным на 2001 год составляло 12 комплектов. Для сравнения, в США установлено более 1000 станций DME. По этой причине, а также вследствие того, что при вводе в ГНСС диапазонов

L3 (L5) вопрос совместимости неоднократно исследовался в ИКАО и вырабатывались условия совместного использования спектра. Результаты этих исследований показали, что в условиях, возможных в Европе и США, может иметь место очень высокая плотность импульсных помех, которая для больших высот полетов может достигать до 3000 пар импульсов системы DME в секунду. Поэтому сегодня ИКАО вырабатывает нормативы по совместному использованию этого поддиапазона (ARNS), полностью входящего в компетенцию органов гражданской авиации. Окончательные документы по этому вопросу еще не утверждены.

Таким образом, если вопрос совместимости в диапазоне L3 (L5) на территории Российской Федерации пока неактуален, то в случае, если система радиотехнической разведки электромагнитной обстановки будет использоваться за рубежом Российской Федерации, она должна при выработке признака поражения помехами диапазона L3/L5 учитывать высокую вероятность выработки ложного признака помехи по причине возможной большой насыщенности диапазона импульсами систем DME/TACAN.

Для решения этой задачи, весьма возможно, что в системе РТР спутниковых диапазонов потребуется решение задачи идентификации (определения типов) принимаемых импульсных сигналов. С другой стороны, может оказаться весьма ценным то обстоятельство, что система РТР будет индцировать не только факт преднамеренного подавления диапазона L3/L5, но и факт превышения допустимого уровня преднамеренных импульсных помех от систем DME/TACAN в районе выполнения транспортной операции.

Оценка реализуемости РТР, предназначенных для предупреждения подавления приемников спутниковой навигации

Как следует из предыдущего раздела, приемный канал обнаружения помехи должен обладать чувствительностью 10⁻⁹ Вт, иметь входную полосу пропускания, перекрывающую полосы частот ГНСС L1, L2, и L3+L5, селективное определение помехи в диапазонах L1, L2, и L5 GPS и L1, L2 и L3 ГЛОНАСС и быстроедействие при обнаружении помехи – несколько микросекунд.

Функциональная схема такого приемника-обнаружителя для одной из систем GPS или ГЛОНАСС приведена на рис. 2. Таких приемников в системе транспортной безопасности должно быть два – один для системы GPS, другой для системы ГЛОНАСС.

Для приемников РТР, предназначенных для использования в бортовой аппаратуре потребителей, антенная часть и УВЧ могут быть едиными (скомплексированными) с входной частью стандартного приемника ГНСС, как это показано на рис. 3.

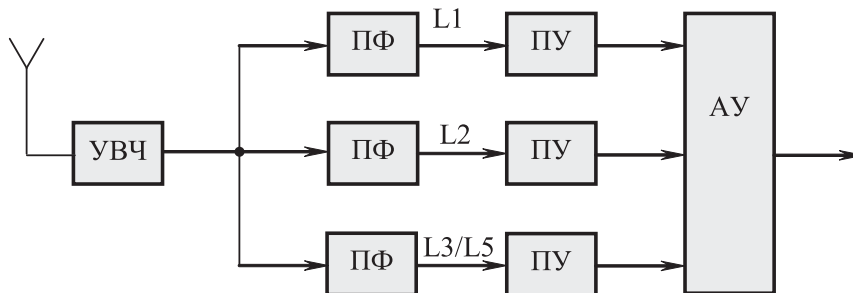


Рис. 2. Схема разведывательного приемника

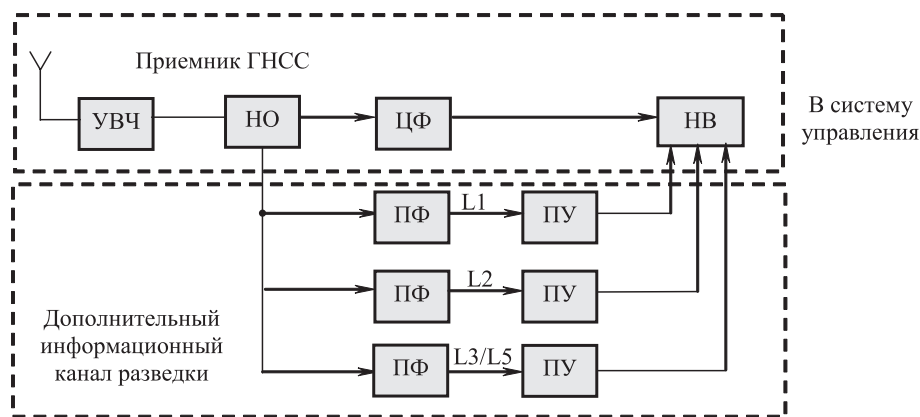


Рис. 3. Комбинированный навигационно-разведывательный приемник

- УВЧ – усилитель высокой частоты
- ПФ – полосовой фильтр
- ПУ – пороговое устройство (детекторная головка)
- АУ – анализирующее устройство
- ЦФ – Цифровой коррелятор
- НВ – навигационный вычислитель
- НО – направленный ответвитель

По оценке специалистов в области РТР современное состояние элементной базой позволяет реализовать дополнительный информационный канал приемника ГНСС по такой схеме в пределах 0,08...0,1 кг массы и 100...150см³ объема.

Дальнейшей степени комплексирования и, соответственно, сокращения массы и габаритов устройства можно добиться, если использовать в комбинированном ГЛОНАСС/GPS приемнике потребителя общий УВЧ и антенное устройство.

Общий вывод заключения специалистов по технике РТР заключается в том, что приемники РТР

для определения навигационных помех вполне реализуемы на современном техническом уровне в приемлемых весах и габаритах.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные оценки технических характеристик: чувствительности, избирательности, достоверности, и анализ возможности реализации этих характеристик подтвердили, что приемники радиотехнической разведки диапазонов навигационных сигналов ГНСС могут использоваться как основное средство выявления всех видов естественных и преднамеренных электромагнитных помех (кроме имитационных). Использование таких приемников обеспечит подтверждение признака целостности навигационного сигнала непосредственно на входе приемника потребителя, а также обоснованный выбор действий экипажей транспортных средств в условиях помех и работу алгоритмов использования частотных диапазонов и навигационных созвездий при комбинированном применении систем ГЛОНАСС и GPS. Все это обеспечит повышение устойчивости систем безопасности движения в транспортном комплексе Российской Федерации.
2. Приемники РТР должны внедряться как в широкозонные системы мониторинга сигналов ГНСС, так и в локальные системы обеспечения безопасности транспортного движения: КДП аэродромов, системы управления движением судов (СУДС) морского и речного транспорта при переходе на следующее поколение многосистемных и многочастотных средств спутниковой навигации.
3. Проведенные исследования также подтвердили, что информационный канал разведки радиотехнической обстановки с приемлемыми весами и габаритами может быть непосредственно реализован в составе навигационных приемников ГНСС. Такое решение в перспективе может оказаться наиболее эффективным, а автономные широкозонные и локальные станции РТР должны использоваться в основном в переходный период для оснащения необорудованных дифференциальными системами объектов для оповещения пользователей с высокими требованиями по безопасности.
4. Результаты проведенного анализа необходимо учесть при задании и проведении работ по соответствующим пунктам плана мероприятий Федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система», редакция 2006 года.



О ТРЕБОВАНИЯХ К ТОЧНОСТИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

В.Д. Шаров

Предлагается внести уточнение в определение точности местоположения, принятое в документах ИКАО на русском языке, для устранения неоднозначности в его толковании

ON THE REQUIREMENTS FOR POSITION ACCURACY

V. Sharov

Точность является важной характеристикой качества аэронавигационных данных (АНД). Потому однозначное понимание требований, предъявляемых к точности всех элементов АНД абсолютно необходимо. Однако в настоящее время такого понимания требований к точности местоположения нет. Это связано с нечеткими и отчасти противоречивыми формулировками этих требований в разных нормативных документах.

Основопологающим, очевидно, должно быть определение в Стандартах ИКАО. В соответствии с [1] имеем: «Точность. Степень соответствия расчетного или измеренного значения истинному значению. *Примечание. Точность измерения местоположения, как правило, выражается расстоянием от заявленного местоположения, в пределах которого, как установлено с определенной степенью вероятности, находится истинное местоположение.*» (*)

Конкретные значения требований приведены там же: Добавление 5, «Требования к качеству аэронавигационных данных», таблица А5-1, которая называется «Широта и долгота».

Приведенное выше определение дает основание предположить, что указанные в таблице числовые значения выражают именно «расстояние от заявленного местоположения». Соответственно, для порога ВПП точность в 1 м – это не что иное, как условие, что истинное положение порога находится с установленной вероятностью в пределах круга радиусом 1 м. Или, как еще говорят, круг радиусом 1 м с центром в точке измеренного местоположения порога «накрывает» истинное местоположение с заданной вероятностью.

Таким образом, характеристика точности местоположения, приведенная в указанной таблице в соответствии с данным определением (*) – это радиус круга r .

Вероятность попадания случайной точки в круг на плоскости при условии, что погрешности её линейных прямоугольных координат имеют нормальное распределение с математическим ожиданием (МО), равным 0, и равными среднеквадратическими погрешностями (СКП) определяется известным соотношением:

$$P(r) = 1 - e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где: r – радиус круга, $P(r)$ – установленная вероятность; σ – СКП по координатам.

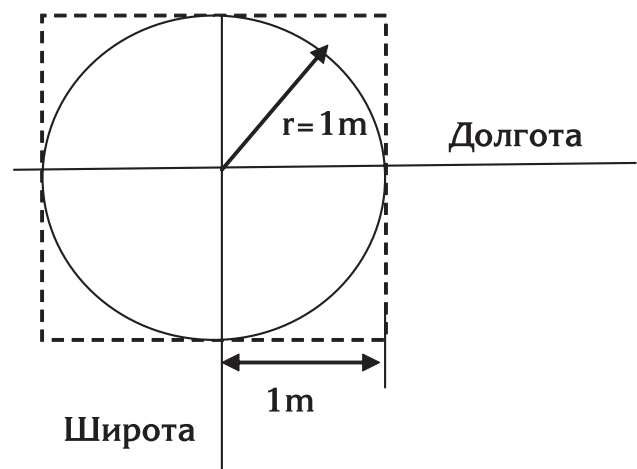
Данное соотношение, учитывая малые значения r , очевидно, можно использовать в рассматриваемом случае для расчета требуемого значения СКП по широте и долготе в линейных единицах ($\sigma_\varphi = \sigma_\lambda = \sigma$) по заданным r и принятой вероятности 0,95.

Решая (1) относительно σ , получим:

$$\sigma = r \sqrt{-\frac{1}{2 \ln 0,05}} \approx 0,4085r. \quad (2)$$

Итак, если строго придерживаться определения точности местоположения из [1] и принять допущение о нормальном распределении погрешностей координат с МО=0 и равными СКП, то СКП определения широты и долготы в линейных единицах выражается соотношением (2). И если за характеристику точности принять, как часто делается в технике, величину доверительного интервала по вероятности 0,95 (2σ), то требование к точности координат местоположения будет составлять 0,817 от величин, указанных в таблице из [1]. Например, для широты и долготы порога ВПП это требование составляет 0,817 м.

Однако такая интерпретация определения ИКАО не является единственной. Так, в документе [2] определение требования к точности другое: «... Точность измерения местоположения (широты, долготы) и высоты выражается расстоянием от заявленного местоположения и высоты, в пределах которого истинное



На рисунке представлена иллюстрация рассматриваемых требований для аппроксимации на плоскости. Очевидно, что требование (*) является более жестким, т. к. множество точек круга является подмножеством точек квадрата.

местоположение и высота находятся с вероятностью 95% (2σ)» → (**).

Численные значения требований приведены в Таблице 3 данного документа, где для порога ВПП имеем: «Точность геодезической съемки (2σ), широта, долгота, 1 м».

Таким образом, формально имеем две различных группы требований к точности координат (*) и (**).

Обратимся к документу [3]. Соответствующая таблица называется «Latitude and longitude data» (данные широты и долготы), а столбец, где указаны требуемые значения, имеет наименование «Industry (ICAO) Minimum Data Accuracy (\pm)» (минимальная точность данных — требования промышленности (ИКАО)). Очевидно, что эти требования относятся к линейным величинам (иначе сложно объяснить наличие \pm), а именно — к точности измерения широты и долготы. Требования ИКАО, приведенные в скобках в данной таблице, численно соответствуют значениям из [1].

Получается, что группа RTCA понимает определения точности ИКАО как требование к 95% доверительному интервалу по каждой из координат, что соответствует определению (**).

Представляется, что фактически именно так понимает точность и ИКАО, поскольку в большинстве случаев в документах ИКАО используются понятия, связанные с одномерными случайными величинами, причем часто не оговаривается специально закон их распределения. Причина недоразумения видится в неточности перевода определения ИКАО с английского, что и привело к появлению определения (*).

Действительно, в английском варианте:

«Accuracy. A degree of confidence between the estimated or measured value and the true value. *Note. — For measured positional data the accuracy is normally expressed in terms of a distance from a stated position within which there is a defined confidence of the true position falling.*»

Подчеркнутое словосочетание переведено на русский как «... измеренное местоположение», а более точный перевод «... измеренные данные местоположения», т.е. координаты, определяющие местоположение. Поэтому далее «distance», это не радиус окружности, а удаление каждой из координат вдоль своей оси измерения от заявленного значения данной координаты, т.е. разность измеренной и фактиче-

ской координаты (\pm) в линейных величинах, которая с установленной вероятностью не должна превышать требуемого значения по абсолютной величине.

Для устранения двоякого толкования определение (*) в документах ИКАО на русском языке предлагается записать следующим образом:

«Точность. Степень соответствия расчетного или измеренного значения истинному значению. *Примечание. Точность измерения координат местоположения, как правило, выражается расстоянием по осям измерения широты и долготы от заявленного местоположения, в пределах которого, как установлено с определенной степенью вероятности, находится истинное местоположение.*»

Возможно, профессиональные переводчики предложат лучший вариант поправки, но определение (*) в его сегодняшнем виде представляется неприемлемым.

Необходимо отметить и еще одно важное обстоятельство. Определение (*) из Приложений ИКАО автоматически переключало во многие другие документы, методическую и учебную литературу на русском языке. Это привело к нечеткому пониманию среди части специалистов, в частности, требуемых навигационных характеристик (RNP). Можно услышать мнение, что RNP — это радиус круга, в пределах которого должно находиться истинное место воздушного судна. Между тем ИКАО и RTCA совершенно четко определяют, что требования RNP в настоящее время относятся только к боковой координате.

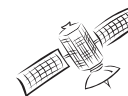
Двоякое толкование требования приводит также к неоднозначности в оценке влияния ограничений уровня разрешения при публикации координат (которые действуют в некоторых государствах, в том числе и в РФ) на точность АНД.

Хочется надеяться, что многочисленные пожелания специалистов по максимально адекватному переводу документов ИКАО на русский язык будут реализованы уже при переводе такого важного нового руководства по зональной навигации, как «Manual for Performance Based Navigation», которое должно заменить действующий документ Doc. 9613. Исправление неточностей важно и в связи с готовящимся выходом документа КТ-201А «Стандарты на аэронавигационную информацию», который должен соответствовать документу [3].

Литература

1. ИКАО. Приложение 14. Аэродромы. Издание 4, июль 2004 г.
2. Методические рекомендации по проведению геодезической съемки АНО на гражданских аэродромах

- и воздушных трассах России. Приложение к распоряжению Минтранса России от 4 апреля 2003 г. № КР-14-р.
3. RTCA DO-201A Standards for Aeronautical Information, April 19, 2000.



ЖУРНАЛ GPS WORLD

Июль, 2007 г.

GPS WORLD

July, 2007

В разделе «Системы» одна из статей озаглавлена «Галилео показали деньги». 8 июня с.г. министры транспорта Европейского Союза приняли решение о государственном финансировании системы Галилео и необходимости выработки механизма такого финансирования к осени. По мнению участников заседания, Галилео является в настоящее время самым важным европейским проектом, потому что Европе крайне необходимо иметь собственную гражданскую навигационную спутниковую систему. Это вопрос не столько престижа, сколько экономики — такая система даст большие возможности европейскому бизнесу во всем мире и приведет к росту занятости в области высоких технологий. Члены Совета проголосовали за прекращение работы с консорциумом из восьми компаний из Великобритании, Германии, Франции, Италии и Испании, которые не выразили готовности финансировать проект. Совет признал, что модель, основанная на построении консорциума, ведет в «никуда» и что следует рассмотреть все возможные схемы общественного финансирования. Все возможные варианты и схемы финансирования должны быть готовы к рассмотрению и одобрению Европейским Союзом в октябре с.г. Помимо вопросов финансирования был также поднят вопрос о военно-оборонительной составляющей Галилео. При полной убежденности сторонников Галилео в том, что система должна быть гражданской в противовес GPS, подписанный в конце мая министрами из стран-членов ЕКА документ «Европейская космическая политика» отмечает, что оборона является важной составляющей Галилео и всей космической техники в целом. В разделе о государственной безопасности и обороне прямо говорится о военном применении космических технологий, что напрямую касается Галилео.

Под заголовком «Спасение системы NDGPS» сообщается, что Администрация по исследованиям и инновациям (Research and Innovation Technology Administration RITA) при минтрансе и Береговая охрана США пытаются совместно найти выход для продления программы NDGPS, которая должна закрыться в следующем году. Поводом для закрытия служит то, что система финансируется Федеральной администрацией железных дорог (FRA), а безвозмездно пользоваться ее сигналами может гораздо более широкий круг потребителей. FRA переходит на новую систему управления железными дорогами и подвижным составом, кроме того, с момента по-

явления концепции NDGPS точность GPS в автономном режиме значительно повысилась и набирает силу широкозонная система WAAS.

Автор заметки «Глас народа» отмечает, что большинство европейцев единодушно выступило за государственное финансирование системы Галилео. Такое единодушие позволяет руководству Европейской Комиссии решить проблемы финансирования космической группировки и наземной структуры Галилео. Консорциум отказался брать на себя финансирование проекта, сомневаясь в возможности окупить инвестиции, однако за ними остается право работать в качестве подрядчиков. Можно ли представить аналогичную ситуацию в Америке, спрашивает автор. Многие годы ВВС США поддерживают структуру GPS, расходуя ежегодно огромные суммы в 1 млрд. долларов. В последнее время такая забота привела к тому, что новые спутники и технологии остаются «на земле», потому что до сих пор работает старая техника. Что, если американский налогоплательщик скажет, что ему и его семье нужна более надежная система местоопределения и поиска и он готов за нее платить? Промышленность США представлена в Конгрессе, но насколько при этом там представлены интересы коммерческих потребителей? Ведь есть поговорка «Когда народ ведет, лидеры идут за ним».

В статье под названием «Модернизация наземного управления GPS к сентябрю» сообщается, что ВВС США сделали заявление 30 июля с.г. о модернизации комплекса командования и управления GPS, которая планировалась на начало года, но была перенесена на сентябрь. По плану модернизации будет проведена замена программного и аппаратного обеспечения на главной станции управления, включая элементы, необходимые для работы станции с спутниками блока IIF нового поколения. Вся процедура займет 4-6 дней; до ее начала старая и новая системы будут полностью синхронизированы по приему сигналов времени и навигации до миллиметрового уровня.

В разделе «Инновации» под заголовком «Найти дорогу по случайным AM сигналам» помещена статья на тему использования различных технологий для случайного местоопределения. Речь идет о дополнении местоопределения по обычным сигналам GPS в тех местах, где оно затруднено или невозможно (каньоны, узкие улицы, помещения), определением местонахождения по другим сигналам. Среди рассматриваемых возможностей радиосигналы связи и радиовещания. В предлагаемой статье анализируется способ определения местонахождения мобильного приемника по сигналам AM радиостанций при наличии приемника с эталонными координатами и вспомогательной линии связи между ними по методу измерения разности времени принятия сигнала.

ЖУРНАЛ «ГНСС ИЗНУТРИ»

Июль/август, 2007 г.

INSIDE GNSS
July/August 2007

Журнал открывается статьей под заголовком «ГНСС над Китаем», авторы которой сообщают, что группа исследователей из Стенфордского университета провела анализ кодов среднеорбитального спутника, который был запущен КНР в апреле с.г. и сразу же начал передавать навигационные сообщения и кодовые сигналы с расширенным спектром. Излагаются некоторые неизвестные данные, позволяющие понять и использовать новые сигналы.

Статья «Еще о «Компасе». Приемник для слежения за китайским спутником» утверждает, что китайская система «Компас» построена во многом на тех же принципах, что и GPS и Галилео. Поэтому инженеры компании-производителя аппаратуры ГНСС Septentrio изменили приемник GPS/Галилео и с его помощью исследовали сигналы среднеорбитального спутника системы «Компас». Авторы статьи описывают характеристики сигнала, структуру информации и дальномерные характеристики, а также рассказывают, как они это делали и какие результаты получили.

Статья «GPS+ГЛОНАСС для точности» сообщает о создании сети референсных виртуальных станций ГНСС в штате Южная Каролина. С ускорением модернизации российской системы ГЛОНАСС производители аппаратуры потребителей готовы искать сигналы новых спутников разросшейся космической группировки ГНСС. Руководство геодезической разведки штата Южная Каролина рассказывает о реализации сети «виртуальных» референсных станций, оснащенных комбинированными приемниками GPS/ГЛОНАСС для обеспечения широкого круга потребителей дифференциальными поправками к сигналам спутников в реальном времени.

Раздел «Решения ГНСС» открывается статьей под заголовком «Каковы преимущества соединения информации лазерного радара (ладара) и инерциальной системы?». Для большинства приемников ГНСС помещения и городская застройка являются непреодолимыми препятствиями. Но при этом искусственно созданные объекты могут служить опорными точками при решении задачи локализации. В настоящее время растет интерес к лазерным радарам (ладарам) применительно к навигации в городских условиях, потому что они пригодны для автономной навигации в неизвестной среде, где априорно нет картографических данных. Ладар сканирует окружающую среду и по сканам строит относительное навигационное решение, которое потом, при

кратковременном наличии сигналов ГНСС, по одной фиксации может быть привязано к известным навигационным системам координат. Сочетание ладара и системы инерциальной навигации гарантирует высокоэффективную автономную навигацию в городской среде.

Вторая заметка носит название «Полезно ли детектирование отказов/RAIM при сильном ухудшении сигнала в городской среде?». Как известно, сигналы GPS содержат информацию о целостности и «здоровье» спутников. Приемники имеют автономную систему контроля целостности сигналов спутников. Традиционно эти функции считались важными для критичных областей применения, например, в авиации. Однако развитие служб локализации и аварийного спасения вызвало повышенный интерес к ним применительно к условиям городов. Автор статьи показывает, как можно повысить эффективность системы мониторинга целостности сигналов GPS в условиях плотной городской застройки.

Автор статьи «Что такое накрутка фазы несущей и как она влияет на характеристики ГНСС?» рассказывает об эффекте изменения измерений фазы несущей приемником ГНСС, вызываемом вариациями относительной ориентации передающей и приемной антенн. Это явление играет отрицательную роль в навигации местоопределения и измерении времени, так как не отражает реального изменения дальности передатчик/приемник и, следовательно, приводит к ошибкам измерения дальности по фазе несущей. В статье обсуждаются методы двойного дифференцирования и моделирования погрешностей.

Под заголовком «США и ЕС объявляют окончательное решение по гражданскому сигналу GPS-Галилео» сообщается о подписанном 26 июля с.г. соглашении между США и Европейским Союзом о выборе единого формата гражданского сигнала для систем GPS и Галилео. После тщательного изучения преимуществ и недостатков двух форматов – ВОС и МВОС – окончательно выбрали МВОС.

В заметке «ВВС США публикуют запрос на предложения по блоку IIIA GPS» сообщается, что 12 июля с.г. ВВС США после долгих отсрочек наконец опубликовали запрос на предложение по разработке и производству спутников для блока GPS IIIA, который станет первым из серии блоков спутников с более высокой точностью, целостностью и помехоустойчивостью. ВВС заказывают 8 спутников и планируют начать запуски в 2013 году. Соискателями в этой конкурентной борьбе станут фирмы Lockheed Martin и Boeing. Контракт оценивается в 1,8 млрд. долларов; заявка на участие должна быть подана до 27 августа с.г. Позже планируют запустить 8 спутников блока IIIВ и 16 спутников блока IIIС. Полностью развернутая группировка спутников GPS III будет иметь межспутниковую систему командования и управления, которая будет контролироваться с одной наземной станции управления.

Статья «Новое PPP Галилео – общественно-общественное партнерство?» подводит черту под программой партнерства частного и государственного капитала в проекте Галилео. Европа переходит к разработке плана В – под управлением Транспортного совета Европы Генеральный директорат транспорта и энергетики Европейской Комиссии должен подготовить предложения по программе полного финансирования Галилео из общественных фондов. На заседании 1-2 октября министры транспорта ЕС должны рассмотреть этот вопрос и на очередном заседании 29-30 ноября выработать новую стратегию. Между тем, проект движется вперед, используя имеющиеся фонды. Руководство по надзору за ГНСС (GSA) и Европейское космическое агентство подписали договор о сотрудничестве по программам Галилео и ЕГНОС. Договором предусматриваются шаги по интегрированию ЕГНОС в Галилео, их сертификация и обеспечение государственной безопасности, прописывается передача владения спутниками и прочими средствами ЕГНОС и Галилео от ЕКА к GSA. 2 июля одна из комиссий GSA поддержала выбор формата сигнала МВОС для открытой службы Галилео. Несмотря на единодушные транспортно-совета в отказе от финансирования Галилео по принципу PPP сложности остаются. Возникли споры, следует ли брать средства по бюджетной процедуре ЕС или ввести взносы от стран на программу, хотя новые члены ЕС, а их десять, не участвовали в выработке решения о создании европейской ГНСС. Предстоит разработать или скорректировать большое количество документов, а также пересмотреть роль GSA.

В заключение под заголовком «Формируется Javad GNSS» дается сообщение о том, что Джавад Ашджае и фирма Torcon Corporation подписали соглашение, которое расчистило дорогу для образования новой корпорации JAVAD GNSS.

БЮЛЛЕТЕНЬ «НОВОСТИ ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ США» Том 17, № 1, весна 2007 г.

NEWSLETTER OF THE INSTITUTE OF
NAVIGATION
Vol. 17, No 1, Spring 2007

Журнал открывается статьей под заголовком «Проект архитектуры PNT: за пределы GPS, спутниковой навигации, за пределы Соединенных Штатов». В статье речь идет о проекте планирования архитектуры национальной системы местоопределения, навигации и времени (PNT), который был предложен год назад. Над проектом работают Офис национальной космической безопасности министерства

обороны и Центр Волпе министерства транспорта. На проведенном 26 апреля с.г. семинаре разработчики проекта изложили долгосрочную (до 2025 года) стратегию инвестирования и развертывания системы PNT Правительством США, союзниками, коммерческими потребителями. Проект должен быть рассмотрен и одобрен специальной группой в июле с.г.; он также имеет чисто прагматическую цель – помочь сформировать статью расходов в бюджет на 2010 финансовый год. Статья сопровождается тремя рисунками. На первом показана структура PNT в ее нынешнем состоянии. Следующий рисунок отображает архитектуру PNT, какой она должна стать, по мнению авторов проекта, к 2025 году. К решениям ближайшего будущего, которые должны найти отражение в этой архитектуре, относятся: «Лоран, национальная сеть DGPS (NDGPS) повышенной точности, поддержка спутниковой навигации, поддержка задач PNT (автоматическое зависимое наблюдение-вещание, авиатранспортная система следующего поколения, инфраструктура обеспечения времени), GPS III и новая стратегия для сегмента оперативного управления. Однако авторы проекта считают, что в такой системе тоже есть «бреши» – недостатки, которые должны быть полностью выявлены между сегодняшним днем и 2025 годом. К ним можно отнести физические препятствия в окружающей среде, проблемы в электромагнитной совместимости, сочетание высокой точности с целостностью, местоопределение и ориентация на больших высотах и в космосе, совершенствование геопространственного информирования и доступ к географическим информационным системам. Пути к закрытию этих брешей отражены на последнем рисунке «PNT – как должно быть».

Статья «Как птицы и пчелы (и муравьи, и мотыльки, и черепахи) находят дорогу» представляет собой обзор материалов по исследованиям специалистов в области навигации животных и насекомых.

В статье под заголовком «Поддержание трассы для автобусов-экспрессов» рассказывается о создании транспортной системы, в которой для дополнения возможностей ГНСС (GPS) используются различные средства (лазерные сканеры, одометры и др.). Система запланирована к реализации на дорогах штата Миннеаполис в 2008 г.

В разделе «Новое в программах ГНСС» сообщает о решении отказаться от системы финансирования программы Галилео по схеме партнерства бизнеса и государства. По новому плану финансирования примерно 2,4 млрд. евро будет израсходовано из государственного сектора, однако это позволит достичь начальной эксплуатационной готовности Галилео в 2012 г. Принято решение относительно ЕГНОС – в 2008 г. служба будет сертифицирована для критических применений (УВД и пр.). В апреле с.г. в аэропорту Лиможа были проведены летные испытания службы ЕГНОС на самолете ATR42. Результаты ис-

пытаний показали, что при использовании сигналов ЕГНОС можно совершать заход и посадку по международным стандартам УВД.

В США ведутся работы по программе GPS III. В мае объявлено о публикации запрос на предложения по спутникам GPS IIIA; среди прочих целей указывается введение нового гражданского сигнала L1C и повышение мощности М-кода для военных потребителей. Конкурентами по двум контрактам – космический сегмент и наземный комплекс эксплуатации – являются Boeing Company и Lockheed Martin. Подписание обоих контрактов ожидается к концу года. ВВС также подписали с Lockheed Martin контракт на 6млн. долларов на разработку демонстрационной версии нового гражданского сигнала на частоте L5. В соответствии с этим контрактом спутник с демонстрационной аппаратурой блока PR-M должен быть запущен в 2008 г.

Излагаются планы России в части ГЛОНАСС. Россия активно планирует восстановить полную эксплуатационную готовность к 2011 году. К концу 2007 г. ожидается 18 спутников как первого, так и второго поколения. В 2007 году бюджет ГЛОНАСС вдвое больше по сравнению с 2006 г. (379,7млн. долларов против 181,4млн.). На прошедшем в апреле Международном форуме по спутниковой навигации было сделано много интересных сообщений, в том числе о введении кодового уплотнения сигналов (CDMA).

Ускоренными темпами создается ГНСС в Китае. 14 апреля был запущен первый из среднеорбитальных спутников, который почти сразу начал излучать сигналы. Полная космическая группировка будет состоять из 35 спутников (5 ГЕО + 30 МЕО). Космическое агентство Франции осуществило анализ излучаемых сигналов и опубликовало результаты своих исследований. Некоторые сигналы китайской системы, видимо, перекрывают сигналы Галилео, что не может не создать трудностей.

«ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ НАВИГАЦИИ» Том 5, № 3, июль 2007 г.

EUROPEAN JOURNAL OF NAVIGATION
Vol. 5, No 3, July 2007

Журнал открывается статьей под заголовком «Стратегия развития». В ней описываются мобильные системы картографирования нового поколения, основанные на использовании движущихся платформ, оснащенных датчиками и измерительной аппаратурой. Эти средства непрерывно производят трехмерное местоопределение и ориентирование и одновременно собирают пространственную информацию. В настоящее время они признаны самым эффективным способом сбора такой информации,

однако число таких систем невелико в сравнении с потребностями. Авторы статьи ищут решения для повышения эффективности мобильных систем картографирования и видят их в интегрировании собираемой информации с данными служб локального базирования (LBS) с применением пространственного моделирования.

В статье «Рабочие характеристики высокочувствительного приемника GPS в помещении» рассматриваются пути решения еще одной проблемы обнаружения слабых сигналов GPS внутри помещений, а именно затенение сигнала GPS телом носителя приемного устройства применительно к условиям работы спасателей аварийных служб внутри зданий.

В статье «Система ECDAS доступа к данным ЕГНОС» описываются услуги, предлагаемые провайдерами для доведения продуктов и услуг системы ЕГНОС до конечного потребителя коммерческой структуры распределения информации ЕГНОС.

Статья «Оценка порога видимости радиолокатора методом компьютерного моделирования» рассматривает возможности гражданского применения средств моделирования эффективной поверхности рассеяния военных кораблей, разработанных в морских исследовательских центрах Финляндии, для противоположной цели – не для снижения поверхности отражения военного корабля, а для моделирования радиолокационного отражения гражданских судов, плавающих в финских водах.

В статье «Навигация агентов аварийных служб в помещениях» описывается полностью автономная система локального местоопределения, основанная на радиочастотных идентификационных маркерах и инерциальных микроминиатюрных датчиках. Система пригодна для использования пожарными, спасательными службами, агентами безопасности, для которых существуют жесткие ограничения по секретности.

ЖУРНАЛ «НАВИГАЦИЯ» ФРАНЦУЗСКОГО ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ Том 55, № 219, июль, 2007 г.

NAVIGATION INSTITUT FRANCAIS DE
NAVIGATION
Vol. 55 № 219, Juillet 2007

В статье под заголовком «Командная карта море-суша» отмечается, что многие операции проводятся на стыке море – прибрежная зона, однако между морскими картами и картами береговых районов есть существенные расхождения. Гидрографический офис Франции и Гидрографическое бюро Армии со-

вместно разработали специальную карту таких зон путем гармонизации существующих карт — командных карт суша — море.

Статья «Перспективы использования беспилотных средств корабельного базирования» информирует о том, что в скором времени на военных кораблях будут применяться беспилотные летательные аппараты, основной задачей которых будет разведка на море. Реальной трудностью является автоматическая посадка на борт корабля, так как она потребует точного регулирования движения платформы (корабля). По мнению автора, в настоящее время накоплен необходимый опыт и есть технологии,

В статье «Динамическое местоопределение и его эволюция» рассматривается метод точного местоопределения судов в определенных заданных пределах с использованием компьютерных комплексов и опорных систем. Суда различных типов пользуются этим методом для сохранения фиксированного местоположения или для поддержания заданного курса. К видам работ относятся подводное погружение, бурение, прокладка труб и кабелей и пр. С появлением новых опорных систем, более надежным менеджментом и повышением точности и надежности динамическое местоопределение стало быстро развиваться. Фактически в настоящее время системой динамического местоопределения могут пользоваться все суда.

В журнале публикуется вторая часть статьи под заголовком «Гигантизм в кораблестроении и его последствия для безопасности судов», в которой рассматривается прогресс в торговом флоте, связанный

с увеличением габаритов танкеров, пассажирских судов, контейнеровозов и т.д. В основе этого процесса лежат финансовые мотивы, однако он стал возможен благодаря повышению качества стали, сварки и оборудования.

Статья «SharpEyeTM: Келви Хьюз использует технологию, основанную на полупроводниках, для производства радаров без магнетронов» рассказывает о последней серии РЛС без магнетронов и мощных модуляторов в приемопередатчиках, в которых функция детектирования поднята на недостижимую высоту с помощью новых технологий. Сделан радикальный шаг вперед в системе выделения полезной информации из принимаемых сигналов и отображения. Излагаются основы обработки и селекции движущихся целей.

Авторы статьи «Межправительственное агентство для успеха европейской ГНСС» сетуют на то, что европейское функциональное дополнение к ГЛОНАСС и GPS — ЕГНОС — испытывает трудности с финансированием и эффективным руководством. Их рекомендации сводятся к следующему: бесплатные сигналы, как в США, финансирование расходов через налоги на добавленную стоимость, межправительственное агентство, финансируемое и контролируемое только государствами-участниками, юридическая и техническая гармонизация гражданских сигналов под эгидой ООН, создание международного фонда взаимных гарантий от рисков, не покрываемых рыночными механизмами.

Обзор подготовлен Цикаловой Е. Г.



СОСТОЯНИЕ КА ГРУППИРОВКИ КНС ГЛОНАСС НА 04.08.2007 г.

**По анализу альманаха от 09:0004.08.07 (UTC) и текущих
эфмеридных сообщений, принятых в ИАЦ**

| № пл. | № точки | № лит. частоты | № по НКУ | Дата за-пуска | Дата вво-да в систе-му | Дата вывода из систе-мы | Акт. сущ. (мес) | Пригодность КА по сообщениям | | Примечание |
|-------|---------|----------------|----------|---------------|------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | альманаха | эфмерид (UTC) | |
| I | 1 | 07 | 796 | 26.12.04 | 06.02.05 | | 27.3 | + | + 09:15 04.08.07 | |
| | 2 | 01 | 794 | 10.12.03 | 02.02.04 | 19.04.07 | 38.3 | - | | На этапе выво-да из состава ОГ |
| | 3 | 12 | 789 | 01.12.01 | 04.01.02 | | 60.3 | + | + 04:45 04.08.07 | |
| | 4 | 06 | 795 | 10.12.03 | 29.01.04 | | 42.0 | + | + 06:30 04.08.07 | |
| | 5 | 07 | 711 | 01.12.01 | 13.02.03 | 09.07.06 | 36.1 | - | | На этапе выво-да из состава ОГ |
| | 6 | 01 | 701 | 10.12.03 | 08.12.04 | | 26.6 | + | + 09:15 04.08.07 | |
| | 7 | 05 | 712 | 26.12.04 | 07.10.05 | | 19.1 | + | + 09:15 04.08.07 | |
| | 8 | 06 | 797 | 26.12.04 | 06.02.05 | | 28.7 | + | + 09:1504.08.07 | |
| II | 10 | 04 | 717 | 25.12.06 | 03.04.07 | | 3.5 | + | + 09:15 04.08.07 | |
| | 14 | 04 | 715 | 25.12.06 | 03.04.07 | | 4.0 | + | + 07:15 04.08.07 | |
| | 15 | 00 | 716 | 25.12.06 | | | | - | - 22:30 11.07.07 | На этапе ввода в эксплуатацию |
| III | 18 | 10 | 783 | 13.10.00 | 05.01.01 | 25.05.07 | 66.5 | - | | На этапе вывода из состава ОГ |
| | 19 | 03 | 798 | 25.12.05 | 22.01.06 | 09.07.07 | 17.4 | - | - 06:15 18.07.07 | Временно вы-веден |
| | 21 | 08 | 792 | 25.12.02 | 31.01.03 | | 50.7 | + | + 06:30 04.08.07 | |
| | 22 | 10 | 791 | 25.12.02 | 21.01.03 | 07.02.07 | 46.5 | - | | На этапе выво-да из состава ОГ |
| | 23 | 03 | 714 | 25.12.05 | 31.08.06 | | 9.7 | + | + 08:15 04.08.07 | |
| | 24 | 02 | 713 | 25.12.05 | 31.08.06 | | 9.5 | + | + 09:15 04.08.07 | |

СОСТОЯНИЕ КА ГРУППИРОВКИ КНС GPS НА 04.08.07 г.

По анализу альманаха, принятого в ИАЦ

| № пл. | № точки | ПСП | Номер NORAD | Тип КА | Дата за-пуска | Дата ввода в систему | Дата вывода из системы | Акт. сущ. (мес) | Примечания |
|-------|---------|-----|-------------|--------|---------------|----------------------|------------------------|-----------------|------------|
| A | 1 | 9 | 22700 | II-A | 26.06.93 | 20.07.93 | | 167.8 | |
| | 2 | 31 | 29486 | II-R-M | 25.09.06 | 13.10.06 | | 9.7 | |
| | 3 | 8 | 25030 | II-A | 06.11.97 | 18.12.97 | | 115.6 | |
| | 4 | 27 | 22108 | II-A | 09.09.92 | 30.09.92 | | 177.6 | |
| | 5 | 25 | 21890 | II-A | 23.02.92 | 24.03.92 | | 181.6 | |
| B | 1 | 16 | 27663 | II-R | 29.01.03 | 18.02.03 | | 53.3 | |
| | 2 | 30 | 24320 | II-A | 12.09.96 | 01.10.96 | | 129.3 | |
| | 3 | 28 | 26407 | II-R | 16.07.00 | 17.08.00 | | 83.6 | |
| | 4 | 5 | 22779 | II-A | 30.08.93 | 28.09.93 | | 165.6 | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|----|-------|--------|----------|----------|--|-------|--|
| B | 5 | 12 | 29601 | II-R-M | 17.11.06 | 13.12.06 | | 7.7 | |
| | 1 | 6 | 23027 | II-A | 10.03.94 | 28.03.94 | | 159.6 | |
| C | 2 | 3 | 23833 | II-A | 28.03.96 | 09.04.96 | | 134.5 | |
| | 3 | 19 | 28190 | II-R | 20.03.04 | 05.04.04 | | 39.9 | |
| | 4 | 17 | 28874 | II-R-M | 26.09.05 | 13.11.05 | | 19.5 | |
| | 5 | 7 | 22657 | II-A | 13.05.93 | 12.06.93 | | 169.3 | |
| | 1 | 2 | 28474 | II-R | 06.11.04 | 22.11.04 | | 32.4 | |
| D | 2 | 11 | 25933 | II-R | 07.10.99 | 03.01.00 | | 91.0 | |
| | 3 | 21 | 27704 | II-R | 31.03.03 | 12.04.03 | | 51.6 | |
| | 4 | 4 | 22877 | II-A | 26.10.93 | 22.11.93 | | 164.4 | |
| | 6 | 24 | 21552 | II-A | 04.07.91 | 30.08.91 | | 191.0 | |
| | 1 | 20 | 26360 | II-R | 11.05.00 | 01.06.00 | | 86.1 | |
| E | 2 | 22 | 28129 | II-R | 21.12.03 | 12.01.04 | | 42.7 | |
| | 3 | 10 | 23953 | II-A | 16.07.96 | 15.08.96 | | 131.7 | |
| | 4 | 18 | 26690 | II-R | 30.01.01 | 15.02.01 | | 77.5 | |
| | 1 | 14 | 26605 | II-R | 10.11.00 | 10.12.00 | | 79.8 | |
| F | 2 | 26 | 22014 | II-A | 07.07.92 | 23.07.92 | | 180.3 | |
| | 3 | 13 | 24876 | II-R | 23.07.97 | 31.01.98 | | 114.0 | |
| | 4 | 23 | 28362 | II-R | 23.06.04 | 09.07.04 | | 36.8 | |
| | 5 | 29 | 22275 | II-A | 18.12.92 | 05.01.93 | | 173.9 | |
| | 6 | 1 | 22231 | II-A | 22.11.92 | 11.12.92 | | 175.5 | |

Состояние группировок систем ГЛОНАСС и GPS

Всего в составе ОГ ГЛОНАСС 17 КА, используются по целевому назначению 11 КА, на этапе ввода в систему 1 КА, временно выведен на техобслуживание 1 КА, на этапе вывода из системы – 4 КА.

www.glonass-ianc.rsa.ru

Испытание боевой головки с приемником GPS

03.07.07. NetFires LLC, венчурное объединение специалистов подразделений Raytheon и Lockheed Martin (США), объявило о проведении успешных испытаний боевой головки высокоточной ракеты, предназначенной для проникновения и поражения защищенных бункерных целей. Эта ракета является частью Системы пуска вне прямой видимости цели, которая в настоящее время разрабатывается для Перспективной боевой системы Армии США и для боевых кораблей прибрежной зоны ВМС США. Головка оснащается инфракрасной и лазерной полупроводниковой системой, приемником GPS и инерциальной системой наведения.

Система пуска вне прямой видимости цели является одной из 14 ключевых боевых систем Министерства обороны США.

www.gpsworld.com

Оборудование самолета Ту-154 спутниковой навигационной аппаратурой

31.07.2007. Самолет Ту-154 авиакомпании правительства Москвы «Атлант-Союз» стал первым в России пассажирским самолетом, оснащенным российской глобальной навигационной спутниковой системой (ГЛОНАСС). «На Внуковском авиаремонтном

заводе №400 (ВАРЗ-400) впервые в истории отечественной гражданской авиации произведена установка бортового оборудования для работы по сигналам ГЛОНАСС», – сообщает пресс-службой столичного аэропорта «Внуково». При проведении модернизации на воздушном судне была установлена бортовая многофункциональная система, которая также может принимать сигналы навигационных систем GPS, ГАЛИЛЕО и сигналы спутниковых функциональных дополнений. «Рост интенсивности воздушного движения делает все более актуальным вопрос о точности соблюдения воздушными судами маршрута и выделенных воздушных коридоров, что во многом определяет уровень безопасности полетов. Включение ГЛОНАСС в единую систему навигации и определения координат воздушного судна позволяет в режиме реального времени производить сверку с заданным маршрутом», – отмечается в сообщении. Каждые пять секунд система выполняет коррекцию заданного маршрута самолета, что позволяет соответствовать всем требованиям по навигации воздушных судов.

www.glonass-ianc.rsa.ru

Тестовая эксплуатация автокоридора безопасности

30.07.2007. В России запущен в тестовую эксплуатацию автокоридор безопасности «Москва-Воронеж», позволяющий осуществлять непрерывное «ведение» специального автотранспорта по маршруту. Для построения коридора выбрана система мониторинга мобильных и стационарных объектов «Алмаз», которая функционирует на базе спутниковых технологий определения местоположения ГЛОНАСС/GPS, а также GSM и УКВ-связи. Программное обеспечение системы «Алмаз» обеспечивает отображение автомобилей, оснащенных терминальными устройствами «Титан-10», на электронной карте местно-

сти, отслеживание их нахождения в заданных зонах патрулирования, контроль маршрутов, составление отчетов и многое другое. Система «Алмаз» разработки компании «Кодос-Б» находится на вооружении Межрегионального координационного центра МВД с 2005 года и доработана под новые требования для функционирования на автокоридоре.

www.glonass-ianc.rsa.ru

Завершение сборки спутника GPS Block IIF

13.09.2007. Корпорация Boeing объявила об успешном завершении работ по сборке первого спутника системы GPS Block IIF. В новом поколении

спутников, которые должны стать переходным этапом на пути к формированию системы GPS III, реализован ряд новых технических решений – в частности, только бортовыми средствами спутника обеспечивается формирование зашифрованного военного навигационного сигнала. Добавлен новый гражданский сигнал, повышена мощность передатчиков и увеличено расчетное время эксплуатации аппарата. Корпорация Boeing должна построить 12 спутников GPS Block IIF. Запуск первого из них намечен на 2008 год.

www.glonass-ianc.rsa.ru



ОБОРУДОВАНИЕ НАВИГАЦИИ, ПОСАДКИ, НАБЛЮДЕНИЯ И УВД НА МАКС-2007

Оборудование навигации, посадки, наблюдения и УВД на Международном авиакосмическом салоне (МАКС-2007), прошедшем в г. Жуковском с 21 по 26 августа 2007 года, было представлено в основном образцами продукции отечественных производителей, созданными в ряде случаев привлечением зарубежных комплектующих и технологий.

В части комплексирования навигационных средств необходимо отметить работы по интеграции оборудования для Ил-96-400Т, Су-27 (и его модификаций), Су-24М, МиГ-29ОВТ, Ту-334, Як-130, Ан-148, Ми-28Н, Ка-52 и др. фирм-разработчиков летательных аппаратов (ЛА) и системных интеграторов.

Автономное инерциальное и гироскопическое оборудование экспонировалось рядом предприятий.

Так, Раменское приборостроительное конструкторское бюро (РПКБ) представило в различной степени готовности инерциальные системы: ИНС-2000 массой 21 кг на базе динамически настраиваемых гироскопов (ДНГ) с блоком спутниковой навигации с точностью (2σ) автономного счисления 3,7 км/ч и коррекции – 30 м; совместно разработанную с фирмой Thales (Франция) систему Вектор-100 для гражданской авиации с точностью (2σ) определения координат 3,7 км/ч и массой <5 кг на базе блока чувствительных элементов Thales; микромеханическую бесплатформенную инерциальную навигационную систему БИНС-ММ массой 0,6 кг, БИНС-М2 массой 5,4 кг с точностью автономного счисления 12 км за 20 мин, БИНС ТВГ-1Г на твердотельных волновых гироскопах массой 12 кг с точностью (σ) 1,85 км/ч. РПКБ предстало также инерциальный измерительный блок ИИБ-1 массой 4,1 кг на ДНГ и маятниковых кремниевых акселерометрах для измерения составляющих векторов линейного ускорения и угловой скорости, систему бесплатформенной курсовертикали СБКВ-2В массой 10 кг, комплектующие ИНС (гироскопы и акселерометры).

Раменский приборостроительный завод экспонировал упоминавшиеся выше ИНС-2000, ИИБ-1 и СБКВ-2В, лазерную БИНС И-42-1С массой 43 кг, ИНС И-21, систему формирования курса МК-Компас массой 6 кг, курсовертикаль 705-6, большое число резервных приборов, индикаторов, чувствительных элементов и др.

Пермская научно-производственная приборостроительная компания (ПНППК) выставила авиационное оборудование: инерциальную систему 802М с погрешностью автономного счисления координат (2σ) 3,7 км/ч с массой 28 кг (с рамой), информационные комплексы курса и вертикали Ц-050 с погрешностью автономного счисления (2σ) 4 км/ч, Ц-060,

инерциальные комплексы Ц-060К и Ц-061К, бесплатформенные ИНС с точностью 1500 м за 10 мин полета в автономном режиме БИНС-Б и БИНС-МК массой не более 5 кг, бесплатформенные курсовертикали СБКВ-П массой 9,5 кг и СБКВ-ПМ на ДНГ массой 9 кг с погрешностями измерений координат 5 км за 30 мин (автономно) и 200 м (в режиме спутниковой коррекции), инерциальный измерительный блок ИИБ-1-2 массой 4,2 кг. ПНППК также представила инерциальную систему ориентации ИСО и самоориентирующуюся систему гироскопическую курсокренауказания ССГККУ для наземных объектов, гироскопа PGM-C-009 и Меридиан-Сервейер, автопрокладчик АП-780, гироскопический ГКУ-5 и морскую интегрированную малогабаритную систему навигации и стабилизации КАМА-НС – для моряков, комплектующие для ИНС, датчики угловой скорости на волоконно-оптических гироскопах ВОГ 06/100, БВОГ-90/3 и др.

Отдельные образцы инерциального оборудования экспонированы предприятиями космической отрасли. Так, ФГУП НПЦ АП им. академика Н.А. Пилюгина представлен бесплатформенный инерциальный блок БИБ-4 массой 9 кг, предназначенный для работы в составе аппаратуры инерциальных систем управления ракетносителей, разгонных блоков и других космических аппаратов.

Заслуживает внимания экспозиция сравнительно нового игрока на рынке автономного оборудования ООО «ТеКнол», созданного на базе Лаборатории инерциальных измерений МГТУ им. Баумана. В ней, в частности, представлена малогабаритная интегрированная инерциальная навигационная система (МИНС) КомпаНав-2, использующая «оригинальные алгоритмы комплексирования измерений широко распространенных импортных микроэлектромеханических (МЭМ) датчиков и данных спутниковой навигационной системы (GPS, ГЛОНАСС). Масса МИНС менее 0,6 кг, стоимость \$6000 долл. США. Точность определения координат 6 м в корректируемом и 500 м в автономном режиме (через 5 мин. после пропадания коррекции). С использованием этой технологии создан бортовой комплекс навигации и управления для беспилотных летательных аппаратов.

ООО «ТеКнол» представило также автономную курсовертикаль на МЭМС датчиках, гироскопическую курсовертикаль ГКВ-Тек на волоконно-оптических гироскопах (ВОГ) и БИНС БИНС-Тек на отечественных ВОГ с точностью (σ) счисления координат 3,7 км/ч и массой 8 кг.

Аэрометрическое оборудование было представлено продукцией ОАО «Аэроприбор-Восход»: цифровыми

системами воздушных сигналов «СВС 2Ц-2, сер. 2», «СВС-96», «СВСВ-1» для вертолетов, электронным баровысотометром «ВБЭ-СВС», совмещающим функции измерителя высоты, СВС и системы сигнализации высоты эшелона, высотомерами барометрическими механическими типа ВБМ, усовершенствованной системой приближения земли СППЗ-2 и др.

Радиотехническое оборудование ближней навигации, посадки, наблюдения и управления (организации) воздушным движением (УВД, ОВД) экспонировалось Всероссийским научно-исследовательским институтом радиоаппаратуры (ОАО «ВНИИРА») из Санкт-Петербурга.

Так, «ВНИИРА-Навигатор» и ЗАО «ВНИИРА-ОВД» представили бортовое оборудование систем ВОР/ИЛС и ДМЕ соответственно «ВИМ-95» и СД-67А (СДК-67А), ДМЕ/Р-85 (СД-75М), ВВД-94; бортовую аппаратуру ближней навигации и посадки РСБН-85, РСБН-85В, РСБН-ОВК-2000; бортовую аппаратуру микроволновой системы посадки MLS-85; бортовую многофункциональную систему БМС и систему навигации и управления полетом АРХАТ, удовлетворяющие требованиям ИКАО для работы с авиационной дифференциальной подсистемой GBAS ГЛОНАСС/GPS (и в частности, с известной дифференциальной подсистемой посадки НППФ «Спектр» ЛККС-А-2000), а также работающую со всеми другими типами навигационных датчиков; систему раннего предупреждения близости земли «СРПБЗ»; бортовое оборудование системы автоматического зависящего наблюдения на основе S-режима АЗН-В (S); самолетные радиолокационные ответчики СО-72М-70, СО-94Р, СО-96, СО-96-АЗН, ОСА-АК, ЭЛЬФ-Н; бортовую систему предупреждения столкновений (БСПС) самолетов в воздухе «Акробат-1» и др.

ЗАО «ВНИИРА-ОВД» представило также: автоматизированные рабочие места диспетчеров УВД района аэродрома и района УВД «Синтез-АРМ-А» и «Синтез-АРМ-Р»; комплексные системные тренажеры «Синтез-Т» и «Синтез-ТЦ»; двухдиапазонный моноимпульсный вторичный радиолокатор МВРЛ-СВК; вторичные радиолокаторы ВРЛ «АВРОРА-С», МВРЛ-АВРОРА; многопозиционную систему наблюдения «Мера», наземную станцию АЗН-В «Оникс» и др.

ОАО «ВНИИРА» представило также тренажер для лиц группы управления полетами и офицеров боевого управления «Марка», полунатурный тренажерно-моделирующий комплекс для подготовки боевых расчетов экипажей АК РЛДН А-50 (совместно с ОАО «Вега») «Марка-С», тренажерно-моделирующий комплекс для подготовки лиц ГРП боевых расчетов КП авиационных полков «Репитер-М». Филиал «Комплекс» ОАО «ВНИИРА» представил: малогабаритный азимутально-дальномерный радиомаяк «Тропа-СМ» и бортовое оборудование «РСБН-85М» для нового поколения РСБН/ПРМГ, способного работать как в традиционном диапазоне волн, так и в ограниченном отрезке международного

диапазона, что решает задачу ЭМС с системами подвижной связи и цифрового телевидения; мобильный навигационно-посадочный комплекс для нефтегазовых платформ и служб МЧС, созданный на этой основе; интегрированный радиоприемник посадки ИРП-2000 и др.

Радиовысотомеры. ОАО «Уральское проектно-конструкторское бюро «Деталь» представило радиовысотомеры для пилотируемых ЛА А-053, А-054, радиовысотометрную систему для измерения малых и средних высот, путевой скорости и угла сноса различных типов самолетов А-078, радиовысотомеры для ракет РВЭ, А-079Э, А-069Э, К-313

Оборудование спутниковой и дальней навигации представлено в основном такими организациями, как Федеральное космическое агентство, Космические войска РФ, РНИИ КП, МКБ «Компас», Российский институт радионавигации и времени (РИРВ), КБ навигационных систем («Навис»).

Так, Федеральным космическим агентством, РНИИ КП, ОАО «Информационные спутниковые системы» (НПО прикладной механики им. академика Решетнева М. Ф.) и Космическими войсками РФ представлены планы развития орбитальной группировки спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС (18 космических аппаратов в 2007 г. и 24 к 2010 г.), представлена информация по новым КА ГЛОНАСС-М и ГЛОНАСС-К, развитию наземного комплекса управления и др. Заслуживает внимания экспозиция Космических войск РФ, иллюстрирующая возможности средств запуска на орбиты навигационных космических аппаратов.

Экспозиция РНИИ КП в значительной степени посвящена раскрытию возможностей организации по созданию региональных навигационно-информационных систем, обеспечению геодезических работ и создания земельного кадастра, создания городской дорожной инфраструктуры и др. На ней представлены также приемная спутниковая аппаратура, приборы персональной спутниковой навигации «TR-102», «TR-24», оборудование Коспас-Сарсат и др.

МКБ «Компас» экспонировал наряду с традиционными АРК авиационные приемники спутниковой навигации А-737, А-737Д, А-737И, А-737ДП (ПУИН), А-737 (ПЛ), ПСН-2001, приемники спутниковой навигации для ракетно-космической техники «Терминатор», «Напор», «Носитель», «Триада», «Синева», наземную аппаратуру временной привязки «Жасмин», носимый приемоиндикатор, аппаратуру сервисного обслуживания, оборудование Локальной дифференциальной системы (ЛДС) СРНС, спутниковую систему посадки (ССП) вертолета на корабль, универсальные платы спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS ПРО, ПРО-22, ПРО-М и ПРО-НАВ (для перспективного 24-канального двухдиапазонного приемника, использующего микромеханические инерциальные датчики) и др.

ОАО «РИРВ» представило оборудование наземных передающих станций импульсно-фазовых радионавигационных систем (ИФРНС) «Чайка» и приемный модуль ИФРНС для потребителей с приемом дифференциальных поправок системы Eurofix; приемную аппаратуру ГЛОНАСС/GPS АТ-303 и АТ-302 для современных и перспективных воздушных судов; модули навигационно-временных приемников широкого применения К-161, 1К-161; приемники «Котлин НТ-101» для автомобилей, «Котлин МТ-102», «Котлин МТ-201» и «Аква-Борт-12» с приемником дифференциальных поправок – для морских и речных судов; малогабаритную носимую навигационную аппаратуру потребителей «Перунит» массой 0,7 кг с антенной; геодезическую аппаратуру «ГЕО-161»; спутниковую базовую станцию «СБС-161»; совмещенную многоканальную навигационную аппаратуру потребителей (НАП) СРНС/ИФРНС «Интеграция» для судов морского флота; автомобильный навигационно-связной терминал СРНС ГЛОНАСС/GPS с каналом связи GSM Маркер-ГНСС; информационно-навигационную систему контроля и управления движением транспорта; устройства синхронизации, аппаратуру привязки, стандарты частоты и времени «Фианит» (цезиевый), RFS-2001 (рубидиевый на газовой ячейке), комплекты, математическое обеспечение работ и др.

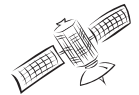
Ряд образцов спутниковой аппаратуры был представлен КБ «Навис»: приемоизмеритель «СН-3715» (одночастотный) с кодами стандартной (СТ) и высокой точности (ВТ) для ЛА и специальных применений; бортовые авиационные приемники спутниковой навигации БПСН-2 и СН-4312, принимающие сигнал систем ГЛОНАСС/GPS/SBAS/GBAS, а также Галилео после ввода ее в эксплуатацию (БПСН-2); базовый модуль ГЛОНАСС/GPS/SBAS; навигационный

датчик 14Ц863 для определения времени и синхронизации по сигналам ГЛОНАСС/GPS; контрольно-корректирующая станция морской дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS СН-3500М; имитатор сигналов СРНС ГЛОНАСС/GPS/SBAS СН-3803М.

Ряд предприятий экспонировал результаты внедрения спутниковых технологий. Так, Государственный Рязанский приборный завод разработал систему спутниковой посадки ЛА с использованием принципов относительной навигации, которая обеспечивает точность (σ) определения трех координат не хуже 0,5...0,7 м.

Необходимо отметить, что представленные образцы характеризуют различные этапы развития навигационной техники. В целом салон продемонстрировал способность и возможности отечественной промышленности по обеспечению разработки новых ЛА, модернизации и ремонта оборудования существующих машин, сохранения и поддержания средств наземной авиационной инфраструктуры. Салон продемонстрировал также существенные организационные изменения отечественной промышленности, связанные с созданием крупных объединений потребителей и производителей навигационного оборудования: ОАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ОАО «ОКБ Сухого», «РСК МиГ» и др.), ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (РНИИ КП и др.), ОАО «Информационные спутниковые системы» (НПО прикладной механики им. академика Решетнева М. Ф. и др.).

Ю. А. Соловьев



О РАБОТЕ СОВЕЩАНИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ СИСТЕМ «ЛОРАН» И «ЧАЙКА»

24 – 25 сентября 2007 г., Хаугесунд, Норвегия

Совещание по проблемам систем «Лоран» и «Чайка» было организовано Департаментом береговых дел Министерства рыболовства и береговых дел Норвегии совместно с Международной ассоциацией морских средств навигации и маячных служб (МАМС). Совещание проходило 24-25 сентября с.г. в г. Хаугесунд, Норвегия, в помещении Береговой администрации Норвегии. На совещании присутствовали представители Великобритании, Германии, Дании, Ирландии, Канады, Норвегии, Республики Корея, России, США, Финляндии, Франции, а также МАМС. Еще 9 стран и организаций, приглашенных на совещание, прислали свои извинения – Европейская Комиссия, Индия, Испания, Китай, Нидерланды, Саудовская Аравия, Турция, Швеция и Япония.

Как было отмечено в выступлениях на открытии, будущее принадлежит электронной навигации, которая, базируясь на средствах ГНСС, нуждается в серьезном дополнении. Им, по мнению собравшихся, являются радиотехнические средства дальней навигации «Лоран-С» и «Чайка». Участники совещания внесли некоторые коррективы в опубликованный МАМС в 1996 г. Сводный каталог станций РСДН «Лоран-С» и «Чайка» и рабочих зон объединенных цепей, который был продемонстрирован собравшимся.

Далее, в соответствии с повесткой совещания, представитель Великобритании ознакомил собравшихся с документом по определению «усиленной системы Лоран» (eLogan), который был разработан интернациональной группой экспертов в Нави-

гионном Центре Береговой охраны США в ноябре 2006 года для администраций высокого уровня, провайдеров и потребителей услуг.

Участники совещания доложили о состоянии станций системы «Лоран-С» и «Чайка» в своих странах, о проводимой модернизации систем и перспективах перехода к eLogan. В ходе дискуссии обсуждались проблемы создания единой (глобальной) рабочей зоны системы, затраты на ее реализацию и возможные сроки. Одним из основных пунктов плана реализации единой системы сочли разработку стандартов.

Подводя итоги, участники совещания пришли к выводу о необходимости периодической организации подобных совещаний.

Вторым пунктом программы работы российской делегации являлась рабочая встреча с представителями Департамента береговых дел Министерства рыболовства и береговых дел Норвегии по проблемам реализации Соглашения между правительствами Российской Федерации и Норвегии о создании объединенной радионавигационной службы в Баренцевом море с использованием станций «Лоран-С» и «Чайка». На совещании были уточнены реквизиты сотрудничающих организаций, ответственные лица, дальнейшие планы. По итогам совещания должен быть согласован и принят протокол.

Е. Г. Цикалова



РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ СПУТНИКОВОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ РАДИОКОСМИЧЕСКОЙ ШКОЛОЙ

В. С. Шебшаевич

В статье излагаются основные положения концепции построения Российской системы дифференциальной коррекции и мониторинга работающей в соответствии с принципами SBAS.

К 50-летию запуска первого искусственного спутника Земли и к 25-летию запуска первого искусственного спутника ГЛОНАСС представляем статью известного ученого в области радионавигации В. С. Шебшаевича, впервые опубликованную в журнале «Радионавигация и время», РИРВ, № 1, 1992. Статья отражает позицию автора, работавшего в коллективах ЛВВИА им. А. Ф. Можайского и ЛНИРТИ (Российского института радионавигации и времени). Редакция приглашает специалистов из других организаций для всестороннего освещения вопросов истории исследования и создания спутниковых радионавигационных систем.

Статья содержит краткое изложение истории зарождения в СССР спутниковой навигации.

DEVELOPING THEORETICAL FOUNDATIONS FOR SATELLITE RADIONAVIGATION BY LENINGRAD SPACE SCHOOL

V. S. Shebshayevick

It was Soviet and American specialists who have made a decisive contribution to the progress of satellite radionavigation while developing satellite radionavigation systems (SRNS), such as low-orbit TSIKADA and TRANSIT and mid-orbit GLONASS and NAVSTAR/GPS. In our country, the Leningrad radio space school played a distinctive role having created in late 50-s a new scientific/technological direction of satellite radionavigation. While developing native SRNS, this school substantiated principles of its construction, optimized planned parameters of terrestrial and onboard aids, developed new approaches to improve accuracy and stability of navigation/time determinations. The very idea to create SRNS originated in works dedicated to the application of radio astronomy methods to air navigation. These works were being conducted by Leningrad Military Airspace Academy named in honour of A. F. Mozhaysky in 1955 – 1957. Theoretical foundations for low-orbit SRNS were significantly developed in performing the SPUTNIK combined research work (1958 – 1959) that substantiated all the main TSIKADA parameters. The stage of SRNS practical implementation started in spring of 1960 with the development of an advance design of the first SRNS in the Leningrad Scientific Research Radio Technical Institute (the current Russian Institute of Radionavigation and Time -RIRT). Since then and up to the date, the creative teams of RIRT and of other organizations, while designing SRNS particular aids, go on with pioneer and accompanying researches thus enriching a theory of satellite radionavigation. It is the distinguishing feature of the Leningrad school to combine a large-scale mathematical modeling with analytical researches allowing to reveal the functional relations concerned in a generalized form. In late 60-s Leningrad specialists have stated that it was possible and advisable to create a unified SRNS for all the users. The same specialists were involved in formulating requirements to a mid-orbit SRNS as well as in substantiating of its technical parameters and then took a direct part in designing of GLONASS terrestrial and onboard aids. Just the list of problems and individual tasks that were creatively solved by Leningrad specialists over the last 30 years shows a scientific and theoretical importance of their activities. These specialists play a key role in creating textbooks, manuals and monographies on SRNS problems. The results of their activities are an integral part of scientific and theoretical foundations of present-day radionavigation.

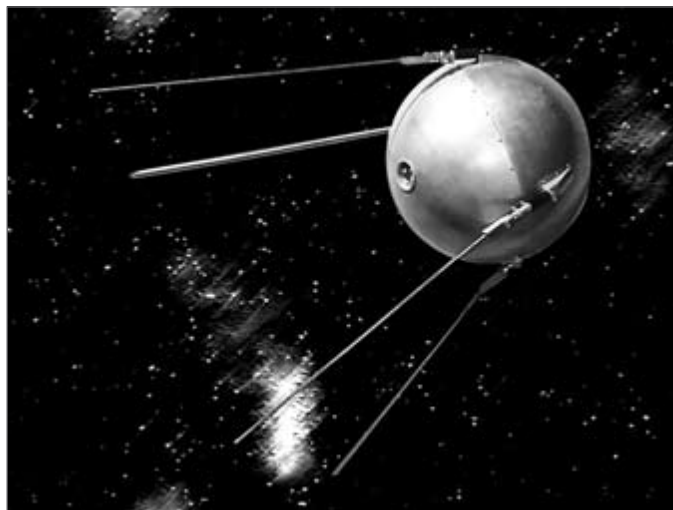
Современная спутниковая радионавигация создавалась усилиями многих стран, однако решающий вклад был внесен советскими и американскими специалистами, разработавшими ныне действующие спутниковые радионавигационные системы (СРНС) - низкоорбитальные («Цикада» и «Транзит») и среднеорбитальные («ГЛОНАСС» и «Навстар»/GPS). Советские и американские СРНС создавались па-

раллельно, независимо друг от друга, практически в одни и те же сроки. Каждая из сторон вела разработки на собственной научно-технической базе, сформировавшейся в процессе предшествующего развития радионавигационной техники и, в особенности, в периоды разработок СРНС первого и второго поколений. Различия в научных традициях и подходах приводили к неодинаковости технических

решений, что породило отличия технических характеристик СРНС, наиболее существенные для систем «ГЛОНАСС» и GPS.

Сформировавшаяся в Ленинграде радиокосмическая школа в конце 50-х годов не только основала новое научно-техническое направление спутниковой радионавигации, но и, на этапах создания низкоорбитальной СРНС «Цикада» и среднеорбитальной СРНС «ГЛОНАСС», внесла достойный вклад в обоснование принципов построения этих систем, в оптимизацию проектных параметров спутниковых, наземных и бортовых средств, в обоснование новых способов повышения точности и устойчивости навигационно-временных определений.

Первое научно обоснованное предложение об использовании ИСЗ для навигации родилось в Ленинграде еще до запуска первого советского ИСЗ (04.10.57). В Ленинградской военно-воздушной инженерной академии им. А.Ф. Можайского (ЛВВИА) в период с 1955 по 1957 г. проводились научные исследования возможностей использования радиоастрономических методов для самолетовождения (научный руководитель - автор статьи), направленные на определение технических путей создания самолетных радиопеленгаторов (координаторов) собственного радиоизлучения Солнца, Луны и удаленных дискретных источников. Исследования ограничивались малым количеством небесных источников такой мощности, которая была бы достаточной для приема на малогабаритные антенны, размеры которых позволяют размещать их на борту самолета. В связи с этим и возникла идея об использовании искусственных небесных тел, снабженных радиопередатчиками необходимой мощности. Ракетная техника к тому времени набрала потенциал, достаточный для выхода на околоземную орбиту малого спутника, хотя о подготовке к практической реализации запусков ИСЗ ничего не сообщалось. В проводившихся исследованиях и было предложено применять ИСЗ в качестве орбитальных радионавигационных точек (РНТ). При этом обращалось внимание на то, что наблюдение за орбитальными РНТ позволяет за короткий сеанс получить достаточный набор изменяющихся навигационных параметров (чего не давали медленно перемещающиеся по небосводу Солнце и Луна). В работе было сделано заключение о технической осуществимости идеи и о перспективности применения ИСЗ как носителей радионавигационных сигналов.



В октябре 1957 г. в Ленинграде проводилась межведомственная научно-техническая конференция (НТК) по проблеме радиоастрономической навигации, одобрявшая предложение о навигационном использовании ИСЗ и рекомендовавшая провести комплексные научные исследования по обоснованию технических путей создания спутниковых РНС. Большое внимание новой проблеме уделил один из руководителей конференции проф. А.В. Беляков - известный авиационный штурман, участник перво-

го трансарктического перелета из Москвы в США (1937 г.), пользующийся прочным авторитетом в авиационных кругах. В основу технического задания на эти исследования легли проработки ленинградских специалистов.

В декабре того же года в ЛВВИА был проведен научный семинар по определению путей использования ИСЗ для решения авиационных

задач, на котором было представлено более развернутое обоснование принципов построения спутниковых РНС. Материалы семинара изданы в виде ведомственного «Информационного сборника» № 33, так что содержащаяся в ленинградском сборнике статья по спутниковой радионавигации является, по существу, первой советской публикацией по этой новой проблеме [1].

Научные основы низкоорбитальных СРНС были существенно развиты в процессе выполнения комплексных научных исследований по теме «Спутник» (1958-1959 гг.), которые осуществляли пять ленинградских организаций (ЛВВИА им. А.Ф. Можайского, Институт теоретической астрономии АН СССР, Институт электромеханики АН СССР, два морских НИИ) и Горьковский научно-исследовательский радиофизический институт. Соисполнители регулярно собирались в Ленинграде для обсуждения результатов исследований, здесь же проводились научные семинары с участием крупных специалистов по аналитической механике (чл.-корр. АН СССР А.И. Лурье) и расчетам орбит (проф. П.Е. Элясберг).

Всего за два года, по существу, были заложены теоретические основы СРНС первого поколения, представленные решениями таких принципиальных вопросов, как: общие принципы построения СРНС; методы измерений (дальномерный, радиально-скоростной, разностно-дальномерный, угломерно-пеленгационный); выбор рабочего диапазона волн; влияние условий распространения радиоволн; энер-

гетика радиолинии; априорная оценка точности местоопределения и высоты полета; влияние нестабильности эталонов частоты и времени, пути повышения стабильности; выбор параметров орбиты ИСЗ; оценка точности прогноза эфемерид; способ снабжения потребителей эфемеридами; способы кодирования передаваемой информации; особенности использования спутниковой РНС для самолето- и судовождения. Следует особо отметить, что именно тогда был предложен способ закладки с земли в память ИСЗ набора эфемерид с последующей передачей их в цифровом коде по радионавигационному каналу, который используется до наших дней во всех СРНС. Обращают на себя внимание тщательно исследованные вопросы перехода от определяемой геоцентрической высоты к высоте полета. Примечательно также и то, что в этой работе впервые в практике исследований свойств РНС была проведена оценка точности местоопределения по спутникам с использованием математической модели, отлаженной на ЭВМ (1959 г.).

Вместе с руководителями этих научных исследований проф. М.М. Кобриним и автором статьи активно трудились Ю.В. Батраков, Е.Д. Голиков, В.П. Заколяжский, Э.А. Жижемский, А.А. Колосов, Л.И. Кузнецов, В.Ф. Проскурин, А.Н. Радченко, Н.К. Сергеев, Б.А. Смольников, Е.Ф. Суворов, В.А. Фуфаев, Г.И. Черепанов, Е.П. Чуров, В.И. Юницкий. Разработчикам темы не представлялось возможным опираться на какие-либо аналогичные проработки ввиду их отсутствия, работать приходилось самостоятельно, проявляя при этом и инициативу, и техническую смелость. В результате был четко сформулирован вывод о том, что создание спутниковой РНС для навигации самолетов и кораблей возможно и целесообразно. Были предложены основные параметры такой системы: количество ИСЗ, высота, наклонение и эксцентриситет орбиты; методы измерений, структура сигнала, диапазон радиоволн; способ эфемеридного обеспечения; основные алгоритмы навигационных определений. Последующие события подтвердили правильность выводов работы и ее рекомендаций по баллистическим и техническим параметрам низкоорбитальных спутниковых РНС.

Таким образом, исследования 1955-1959 гг. заложили в нашей стране самостоятельный научно-технический фундамент спутниковой радионавигации и подготовили к началу 1960 г. этап практического создания низкоорбитальной СРНС, реализация которого была поручена Ленинградскому научно-исследовательскому радиотехническому институту (ЛНИРТИ) - ныне РИРВ. Здесь незамедлительно, в первой половине 1960 г., был разработан аванпроект первой советской низкоорбитальной СРНС «Циклон». С той поры и по настоящее время творческие коллективы РИРВ, проводя разработки отдельных средств СРНС, продолжают поисковые и сопутствующие опытно-конструкторские исследования, обогащающие теорию спутниковой радионавигации.

Создание системы «Циклон» (и ее модификации «Цикада»), ее испытания, совершенствование, ввод в эксплуатацию, разработка аппаратуры потребителей (АП), доработка алгоритмов и программ заняли 60-е и начало 70-х годов (известно, что начало ОКР было сдвинуто на четыре года в угоду интересам определенных кругов военно-промышленного комплекса, и первый навигационный ИСЗ «Космос-192» был выведен на орбиту 23.11.67). В этот период перед разработчиками вставали многочисленные вопросы, которые требовали теоретического осмысления и конкретного решения. Вычислительная техника к тому времени окрепла и казалось, что все можно решить с помощью математического моделирования. Во всех исследовательских группах создавались математические модели процессов навигационных определений по спутниковым сигналам. Для более тщательного анализа какого-либо элемента навигационного процесса соответствующая часть модели прорабатывалась более тонко. Совершенство модели, в общем, отражало глубину проникновения исследователя в сущность явления. В то же время для ленинградской школы было характерным сочетать обширное математическое моделирование с аналитическими исследованиями, позволяющими в обобщенном виде выявить интересующие функциональные зависимости. К примеру, выявление точностных свойств пространственной рабочей области СРНС на базе математического описания геометрической границы рабочей области позволило создать математический аппарат, обладающий достаточной универсальностью и наглядностью. Позднее, в ходе разработки среднеорбитальной СРНС, аналитическая методика применялась при синтезировании сети ИСЗ, оценке остаточных погрешностей радионавигационного параметра при дифференциальных измерениях и нахождении точностного выигрыша от применения дифференциального режима.

Непосредственно разработкой средств первой советской СРНС занимались в красноярском КБ прикладной механики (руководители - М.Ф. Решетнев и Г.М. Чернявский), в московском НИИ приборостроения (руководители - М.И. Борисенко, Н.Е. Иванов) и в ЛНИРТИ (руководители - П.П. Дмитриев и А.Ф. Смирновский). Подмосковный НИИ космического профиля творчески взаимодействовал со всеми организациями-разработчиками. В то же время вокруг каждого из центров разработки складывались группы коллективов, связанных общностью творческих задач, взглядов на развитие СРНС и методов их исследования. К ленинградской радиокосмической школе можно отнести (быть может, с некоторой долей условности) ряд коллективов радионавигационного профиля, трудившихся в ЛВВИА (Военный инженерно-космический институт, затем Военно-космическая академия) им. А.Ф. Можайского, в ЛНИРТИ, в НИИ Главного управления навигации и океанографии, в Военно-морской академии. Эти коллективы в

обеспечение проводимых разработок выполнили в те годы много ценных исследований по вопросам повышения стабильности бортовых эталонов времени и частоты, кодирования и цифровой передачи информации, поиска сигналов и слежения за ними, способов статистической обработки информации, борьбы с методическими погрешностями (в особенности - с влиянием неточного знания скорости движения потребителя за время сеанса измерений), повышения точности прогноза эфемерид, методов использования СРНС и точностных оценок в различных условиях, устойчивости функционирования системы, эффективности ее применения.

Низкоорбитальные СРНС из-за дискретности навигационных сеансов и их значительной продолжительности могли успешно применяться как высокоточные средства только для малоподвижных объектов, прежде всего - морских кораблей. В конце 60-х годов возникла проблема расширения возможностей СРНС на навигационное обеспечение высокочастотных объектов и одновременного повышения его оперативности и точности. В решение этой проблемы ленинградские специалисты внесли достойный вклад, проведя упреждающие исследования и обосновав в 1968–1969 гг. возможность и целесообразность создания единой СРНС для воздушных, морских, сухопутных и космических объектов. Как результат этой работы, в 1970 г. были сформулированы первые тактико-технические требования к такой системе.

Разработка системы «ГЛОНАСС» как единой СРНС для потребителей различного назначения развернулась в 70-е годы. Научные исследования сопровождали ее на всех этапах, начиная с обоснования основных параметров при составлении технических предложений и кончая доработкой матобеспечения по результатам испытаний. Исследования продолжали и после передачи системы в эксплуатацию, ориентируясь на дальнейшее развитие системы, на повышение ее точности и устойчивости функционирования в результате применения дифференциальных подсистем.

СРНС «ГЛОНАСС» [2] создавалась большой кооперацией организаций, ядро которой составили предприятия, разрабатывавшие СРНС первого поколения: НПО ПМ, РНИИ КП, РИРВ. Разработка ИСЗ и наземных средств системы «ГЛОНАСС» проводилась коллективами, руководимыми акад. М.Ф. Решетневым, докторами технических наук Ю.Г. Гужвой, Л.И. Гусевым, А.Г. Геворкяном, Н.Е. Ивановым, инженерами В.Ф. Черемисиным, В.И. Ермоленко, В.Н. Казанцевым. Аппаратура потребителей различного назначения разрабатывалась коллективами под руководством докторов технических наук Р.И. Полонникова, Ю.М. Устинова, кандидатов технических наук В.Н. Богданова, С.Н. Ключникова, И.В. Кудрявцева, В.Ю. Кутикова, И.А. Новикова, В.С. Подклетного, В.А. Салищева, Г.С. Цехановича, А.А. Шибанова, Б.В. Шибшаевича, Л.И. Янковского. В организацию работ внес вклад Ю.В. Медведков.

В период 70–80-х годов в РИРВ постоянно работал семинар по научно-техническим проблемам спутниковых РНС. Периодически проводились межведомственные семинары с участием ленинградских и иногородних специалистов, на научно-технических институтских конференциях тематике сетевых СРНС уделялось значительное внимание. Специалисты РИРВ регулярно выступали с докладами на НТК, проводимых в СССР, а после 1988 г. - на международных симпозиумах и конференциях. Научные коллективы РИРВ поддерживали творческое сотрудничество с организациями, входящими в кооперацию «ГЛОНАСС», в особенности с ленинградскими предприятиями. Отметим, что в этот же период в Ленинграде сформировался еще один коллектив исследователей по спутниковой радионавигации, весьма компетентный и творчески активный - кафедра радиосистем ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина).

Об актуальности и научно-теоретической значимости работ наших специалистов может свидетельствовать простой перечень проблем и самостоятельных вопросов, которые были за истекшие 30 лет ими оригинально решены, а затем реализованы при создании спутниковых РНС и их использовании потребителями для навигационно-временных определений. Основные позиции этого перечня таковы [3]:

- псевдодальномерный способ с хранением начала отсчета («метод двух генераторов») - конец 50-х годов;
- теория кодирования сигналов в СРНС с обоснованием принципов оптимизации кодов;
- обоснование выбора структуры сигнала для сетевой СРНС, состава и содержания кадра служебной информации;
- теория поиска и обнаружения сигналов в спутниковых РНС;
- обоснование алгоритмов решения навигационно-временных задач для различных условий навигационных сеансов;
- анализ вероятностных характеристик кратности покрытия зонами видимости и точности местопредопределения для различных баллистических структур;
- баллистическое обоснование структуры и параметров сети ИСЗ системы «ГЛОНАСС»;
- теоретическое обоснование нового способа точного прогноза эфемерид на коротких интервалах («размножения эфемерид»);
- разработка прикладной теории учета релятивистско-гравитационных эффектов в СРНС и их аппаратуре потребителей;
- теоретическое обоснование методики высокоточной привязки шкал времени по сигналам СРНС;
- разработка методологии унификации аппаратуры потребителей среднеорбитальной СРНС;
- разработка принципов интегрирования бортовой аппаратуры подвижных объектов на основе спутникового радиоканала;

- обоснование возможности расширения рабочей области среднеорбитальной СРНС за пределы слоя ИСЗ;
- разработка аналитических и численных методов описания границ пространственной рабочей области сетевой СРНС;
- разработка способов оперативного отображения навигационной обстановки в сетевой СРНС и ее прогноза;
- разработка системного подхода к обоснованию жизненного цикла аппаратуры потребителей СРНС;
- обоснование принципов применения сетевой СРНС для независимого наблюдения в интересах управления воздушным движением;
- анализ использования «заземленных» ИСЗ («псевдоспутники») - 1976 г.;
- теоретическое обоснование условий и степени выигрыша дифференциального режима навигационных определений в СРНС «ГЛОНАСС»;
- теория и алгоритмы дифференциальной коррекции скоростных компонент вектора состояния потребителя;
- концепция построения дифференциальной подсистемы сетевой СРНС в виде сочетания децентрализованной и централизованной структур;
- обоснование принципов построения Единой глобальной системы координатно-временного обеспечения, базирующейся на сетевой СРНС «ГЛОНАСС».

Ленинградским специалистам принадлежит ведущая роль в создании учебной и монографической литературы по проблеме спутниковых РНС. В стране широко используются известные книги ленинградских авторов «Судовые комплексы спутниковой навигации», «Сетевые спутниковые радионавигационные системы», «Бортовые устройства спутниковой радионавигации».

Ленинградской радиокосмической школе принадлежит приоритетная роль в создании теории и техники спутниковой радионавигации. Результаты ее работ вошли в комплекс научно-теоретических основ современной радионавигации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шебшаевич В.С. Основные возможности использования ИСЗ для радионавигации самолетов: Доклад на семинаре ЛВВИА 25.12.57//Информационный сборник. - Л.: 1958. - № 33.
2. Глобальная спутниковая навигационная система «ГЛОНАСС»: Интерфейсный контрольный документ. - М.:

НПО ПМ, НИИ КП, Главкосмос. 1991. - 45 с.

3. Шебшаевич В.С. Этапы становления и проблемы развития спутниковых радионавигационных систем в Советском Союзе// Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОВР. - 1991. - Вып. 8. - С. 3-9



НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ

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

Книга знакомит читателей с современными информационными технологиями, используемыми на автомобильном транспорте. Подробно рассмотрены особенности проектирования и использования прикладных автоматизированных систем обработки информации и управления, а также прикладные системы автоматизации учета транспортной работы и диспетчерского управления движением на базе навигационных систем. Рассмотрены новые технологии автоматизированной идентификации в системах обработки информации на транспорте. Для специалистов транспортной отрасли, в особенности связанных с разработкой и использованием информационных технологий. Книга может быть использована при подготовке учебных и учебно-методических материалов для подготовки специалистов в области внедрения информационных технологий на транспорте.

* * *

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

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

* * *

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

Изложены принципы построения спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, даны ее системные характеристики и основные характеристики подсистем космических аппаратов, наземного контроля и управления и навигационной аппаратуры потребителей, а также дифференциальных дополнений СРНС. Рассмотрены направления совершенствования технологий спутниковой навигации, включая перспективы совершенствования космического и наземного сегментов, контроля целостности, использования высокоточных фазовых измерений, интегрирования с инерциальными

системами навигации и использования пространственной обработки сигналов. Для широкого круга специалистов, занимающихся разработкой, производством и эксплуатацией аппаратуры потребителей СРНС ГЛОНАСС а также для студентов, аспирантов и преподавателей высших учебных заведений при изучении дисциплин радиотехнического профиля
www.radiotec.ru

* * *

П. Пржибыл и М. Свитек «Телематика на транспорте». В книге детально рассмотрен международный опыт применения телематики на транспорте для обеспечения экономичности, удобства и безопасности его функционирования. Подробно освещены сферы применения телематики в автотранспортном комплексе и на городском пассажирском общественном транспорте. Книга рекомендуется для специалистов транспортной отрасли, руководителей городских и местных администраций, а также для широкого круга читателей, интересующихся достижениями в сфере управления транспортом. Перевод с чешского. Под ред. проф. В. В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2003-540 с. Книгу можно приобрести во ФГУП НТЦ «Интернавигация». Справки по тел. (495) 626-25-01, Прохорова Татьяна Михайловна.

* * *

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

* * *

Бакулев П. А., Сосновский А. А. Радионавигационные системы. Учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2005. – 320 с., ил.

С единых позиций изложены принципы построения традиционных и перспективных средств радионавигации. Рассмотрены методы измерения координат объектов, используемые сигналы и их обработка. Показаны пути повышения точности радионавигационных систем и устройств. Для студентов радиотехнических специальностей вузов.

* * *

Кондратенков Г. С., Фролов А. Ю. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Радиотехника, 2005.

Систематически изложены необходимые сведения для изучения радиолокационных систем дистанционного зондирования Земли. Основное внимание уделено принципам построения авиационных и космических радиолокационных систем с синтезированной апертурой антенны (РСА), предназначенных для детального наблюдения (радиовидения) земных объектов естественного и искусственного происхождения.

Книга может быть широко использована в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 654200 «Радиотехника», а также для подготовки специалистов по направлению 080800 «Исследование природных ресурсов аэрокосмическими средствами, может быть полезна для инженеров и научных работников, занимающихся проблемами радиовидения Земли.

<http://www.radiotec.ru>

* * *

Дмитриев С. П., Пелевин А. Е. Задачи навигации и управления при стабилизации судна на траектории. СПб. «Электроприбор», 2004. 158 с. ISBN: 5-900780-55-4.

В книге рассматривается проблема управления в виде двух взаимосвязанных задач – синтеза закона управления и построения фильтра для обработки навигационных измерений. Теоретические вопросы, решаемые в работе, порождены актуальной прикладной задачей (стабилизация морского судна на траектории), однако они имеют общий характер и развивают известные методы теории синтеза управления и обработки информации в стохастической постановке. Книга предназначена для инженерно-технических и научных работников, занимающихся вопросами навигации и управления движением, а также для преподавателей, студентов вузов и аспирантов соответствующих специальностей.

* * *

Меркулов В. И., Чернов В. С., Саблин В. Н., Дрогалин В. В. и др. Авиационные системы радиоуправления. Монография. В 3-х книгах. Кн. 3. *Авиационные системы радиоуправления.* – М.: Радиотехника, 2004.

Излагаются принципы построения и особенности функционирования современных и перспективных авиационных командных, автономных и комбинированных систем радиоуправления.

* * *

Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Часть I. Коллективная монография. Под ред. А. И. Канащенко и В. И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2004.

Рассмотрены теоретические основы синтеза и анализа радиолокационных измерителей на основе представления процессов и систем в многомерном пространстве состояний в рамках математического аппарата теорий оптимального управления, фильтрации и идентификации.

* * *

Алешин Б. С., Афонин А. А., Веремеенко К. К., Кошелев Б. В., Плеханов В. Е., Тихонов В. А., Тювин А. В., Федосеев Е. П., Черноморский А. И. Под ред. Б. С. Алешина, К. К. Веремеенко, А. И. Черноморского. *Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии.* – М.: Издательство «Физматлит», 2006, 422 с.

Рассмотрены средства, методы и алгоритмы получения и обработки навигационной информации в ком-

плексах ориентации и навигации (КОН) подвижных объектов. Информационным ядром в большинстве комплексов является бесплатформенная инерциальная навигационная система, корректируемая от спутниковой навигационной системы. Дано обобщенное представление о структуре и функциональном составе КОН и приведены примеры технических решений КОН подвижных объектов различных типов. Рассмотрены вопросы математического обеспечения обработки информации в комплексах. Обсуждаются особенности построения и реализации программно-математического обеспечения вычислительных систем КОН. Рассмотрены структуры, функциональные алгоритмы и погрешности бесплатформенных инерциальных и спутниковых навигационных систем. Дана характеристика инерциальных чувствительных элементов, в частности микромеханических, и изложены варианты построения нетрадиционных гравиметров для КОН. Представлены разработки алгоритмического обеспечения КОН ряда подвижных объектов, включая алгоритмы на основе нейронных сетевых технологий. Рассмотрены структурные алгоритмы систем обеспечения безопасности полета как элементов КОН авиационного применения. Книга представляет интерес для специалистов, работающих в области навигационных приборов, систем и комплексов, а также для аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

* * *

12th IAIN World Congress. 2006 International Symposium on GPS/GNSS Proceedings, October 18-20, CD1, CD2.

* * *

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

* * *

Международный форум по спутниковой навигации. – М.: Профессиональные конференции, 2007.

Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD. – М.: Профессиональные конференции, 2007.

* * *

«XIV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 28-30 мая 2007, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-900780-66-5). На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ.

* * *

«14th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 28-30 May, 2007, Saint Petersburg, Russia (ISBN 978-5-900780-67-2).

По вопросам приобретения трудов конференции обращаться в ЦНИИ «Электроприбор»: 197046, С-Петербург, ул. М.Посадская, 30, ФГУП РФ ГНЦ ЦНИИ «Электроприбор» Начальнику ОНТИ М. В. Гришиной. Тел.: (812) 499-8157; факс: (812) 232-3376; e-mail: ICINS@eprib.ru



КАЛЕНДАРЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2007 – 2009 гг.

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

OCTOBER 1 – 2 2007

Mil Capabilities/Nav Sensors
NATO, Antalia, Turkey.

RIN, Westminster, London, UK. Tel.
+442075913130/35, fax +442075913131,
conference@rin.org.uk, www.rin.org.uk

OCTOBER 1 – 4 2007

Scientific Applications of Galileo
ESA+, Toulouse, France.

NOVEMBER 5 – 7 2007

IGS/GNSS 2007
**International Symposium and Exhibition on
Geoinformation and International Symposium on
GPS/GNSS 2007**

Johor Bahru, Malaysia. Tel. +6075530807, e-mail:
isg.gnss07@fksg.utm.my
www.isg-gnss07.com

OCTOBER 9 – 13 2007

ITS 2007

14th World Congress on ITS

Beijing, China. Intelligent Transportation Society of
America, 11017th Street NW, Suite 1200, Washington, DC
20036, USA. Tel. 1 (202) 4844847. e-mail info@itsa.org
www.itsworldcongress.org

NOVEMBER 6 – 7 2007

POSNAV 2007

Magdeburg, Germany. DGON. Tel. +49 (228) 201970,
fax +49 (228) 20197-19, e-mail:
dgon.bonn@t-online.de
www.dgon.de/index.htm

OCTOBER 15 – 18 2007

RADAR 2007

Sponsor IET, Edinburgh, UK. Tel. +44 (1438) 765650,
e-mail: events@theiet.org
http://conferences.iee.org/radar07/index.htm

NOVEMBER 8 – 10 2007

**4th International Symposium on LBS and
TeleCartography**

Hong Kong, P. R. China.
www.Isgi.polyu.edu.hk/LBS2007

OCTOBER 16 – 17 2007

E-Navigation Conference.

NNF, Oslo <Norway. Tel.: +47 (32) 822574, e-mail:
nornav@online.no
www.nornav.org

NOVEMBER 14 – 16 2007

MAST Conference 2007

Evolutionary Events. Genoa, Italy.

OCTOBER 21 – 24 2007

GEOINT 2007

San Antonio, TX, USA. Tel. +1 (703) 7886743, e-mail
kira.wislou@usgif.org
www.geoint2007.com

NOVEMBER 21 – 23 2007

GIN Congres

Amsterdam, The Netherlands. Tel. +31 (182) 386763,
fax +31 (182) 383399,
e-mail: gin.vakbeurs@arenaevents.nl
www.geo-info.nl

OCTOBER 22 – NOVEMBER 16 2007

WRC 2007

World Radiofrequency Conference

ITU, Geneva, Switzerland.

NOVEMBER 21 – 23 2007

ICMTIR 2007

U of Catalonia, Barcelona, Spain.

OCTOBER 24 – 26 2007

Black Sea Transport Forum

TUO, Odessa, Ukraine.

DECEMBER 4 – 6 2007

**3rd Int'l Conference «Earth from Space – the Most
Effective Solutions»**

Moscow, Russia. Tel. +7 (495) 9395640, fax +7 (495)
2462593
e-mail: conference@scanex.ru

OCTOBER 30 – NOVEMBER 1 2007

NAV 07

Navigation conference and exhibition

www.transparentworld.ru/conference

DECEMBER 4 – 6 2007

IGNSS Conference 2007

Sydney, Australia.

www.ignss.org

MARCH 9 – 12 2008

GITA 2008

Seattle, WA, USA. Tel. 1 (303) 3370513, fax +1 (303) 3371001

e-mail: info@gita.org

www.gita.org/

APRIL 1 – 3 2008

Oceanology 2008

London, UK. Oriel House, 26, The Quadrant, Richmond, Surrey, UK. Tel. +33 (20) 84398900, fax +44 (20) 84398855,

e-mail: paul.wilson@reedexpo.co.uk

www.oceanologyinternational.com

APRIL 2 – 4 2008

NAV 08

Animal Navigation

RIN, Reading, UK. Tel. +442075913130,

fax +442075913131, www.rin.org.uk

APRIL 21 – 25 2008

ENC-GNSS 2008

French Institute of Navigation, Toulouse.

MAY 5 – 8 2008

IEEE/ION PLANS 2008

ION National Office, 3975, University Drive, Suite 390, Fairfax, VA22030, USA. Tel. +1 (703) 3839688,

fax +1 (703) 3839689,

e-mail: membership@ion.org

www.plansconference.org

JULY 13 – 20 2008

37th COSPAR Scientific Assembly

Montreal, Canada. National Research Council Canada, 1200 Montreal Road, Building M-19, Ottawa, ON, KIA 0R6, Canada. Tel. +1 (613) 9939431, fax +1 (613) 9937250.

e-mail: cospar2008@nrc-cnrc.gc.ca

www.cospar2008.org

JULY 14 – 20 2008

Farnborough Airshow

Farnborough, UK. Tel. +442075913130,

fax +442075913131, www.rin.org.uk

AUGUST 4 – 8 2008

VTS 2008

11th International Symposium on Vessel Traffic Services

Bergen, Norway. Kongress & Kultur AS Torgalmenningen. 1A Postboks 947 Sentrum N-5808 Bergen.

Tel: + 4755553655. Fax: + 4755553656.

Email: mail@kongress.no

JULY 18 – 19 2009

Royal Int Air Tattoo

Fairford, UK.



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Продолжается подписка на журнал «Новости навигации».

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

В стоимость подписки входит оплата 4-х номеров журнала. Стоимость подписки с учетом почтовых расходов и НДС (10 %) – 1200 руб.

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

Россия, 109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 2,
ФГУП «НТЦ СНТ «Интернавигация».

Контактный телефон: (495) 626-25-01, факс: (495) 626-28-83

E-mail: internavigation@rgcc.ru.

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

Расценки на публикацию рекламы:

| | | |
|--|---------------------------------|----------|
| 2, 3 стр. обложки и вкладки (формат А4): | цветная реклама (4 цвета) | 700 у.е. |
| | одноцветная реклама | 350 у.е. |

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

БЛАНК-ЗАКАЗ

Просим оформить подписку на _____ экз. журнала «Новости навигации».

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

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

Заказ направить по адресу:

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

город, улица, дом _____

Кому _____
(полное название организации или ФИО заказчика)

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

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

Страницы рукописи не нумеруются. Отдельно представляются сведения об авторах: контактные телефоны, факсимиле, адрес электронной почты.

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