

НОВОСТИ НАВИГАЦИИ

№ 3 2005 г.

Научно-технический
журнал по проблемам
навигации

УДК 621.78:525.35

Редакционная коллегия:

Главный редактор – директор НТЦ
«Интернавигация», Заслуженный
работник связи РФ
Царев В.М.
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.;
Власов В.М., д.т.н., проф.;
Зубов Н.П., д.в.н., проф.;
Иванов Н.Е., д.т.н., проф.;
Коротышко А.Н., к.т.н.;
Семинов П.А., к.э.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.: (095) 926-25-01,
Факс: (095) 926-28-83
109028, Россия, г. Москва,
Б. Трехсвятительский пер., дом 2
E-mail: internavigation@rgcc.ru
http://www.internavigation.ru
http://internavigation.ru

Содержание

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

УКАЗ «О ФЕДЕРАЛЬНОЙ АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБЕ» 3

В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СОВЕТЕ РАДИОНАВИГАЦИИ В РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ НАВИГАЦИИ

СЕМИНАР «СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СНГ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ДОПОЛНЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ» 5

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ

Ю.А.Соловьев, В.М.Царев
ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ДОПОЛНЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ 6

С.П. Баринов, Б.И. Лобойко
ПРАКТИКА МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО СОГЛАСОВАНИЮ
ЧАСТОТНЫХ ПРИСВОЕНИЙ ДЛЯ МОРСКИХ СРЕДСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ДОПОЛНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ 16

В.В. Бойков, Е.С. Пересадько
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ
РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ГЕОДЕЗИИ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ.
СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ МЕЖЕВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ 18

А.В.Балов, В.С. Жолнеров,
С. Н. Малоков, В.М. Царев, А.Е. Чоголок
ФОРМАТ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В КАНАЛЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕМ
МОДУЛЯЦИЮ РРМ ШЕСТИ ПОСЛЕДНИХ ИМПУЛЬСОВ В ПАЧКЕ
СИГНАЛА ИФРНС 22

Ю.П. Мельников, С.В. Попов
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ИСТОЧНИКА ПОМЕХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫМ
СИСТЕМАМ АМПЛИТУДНЫМ ПЕЛЕНГАТОРОМ С НЕПОДВИЖНОЙ АНТЕННОЙ,
УСТАНОВЛЕННОЙ НА ПЕРЕМЕЩАЮЩЕМСЯ НОСИТЕЛЕ 29

В.Д. Шаров
К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ И РАЗРЕШЕНИИ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ 32

БЮЛЛЕТЕНЬ «НАША ПОЗИЦИЯ» ФИРМЫ «ЛОКУС ИНК.» (США) 35

ЖУРНАЛ GPS WORLD 37

ЖУРНАЛ «НАВИГАЦИЯ» ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ США 40

БЮЛЛЕТЕНЬ ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ США 41

«ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ ПО НАВИГАЦИИ» 42

ЖУРНАЛ «НОВОСТИ НАВИГАЦИИ» КОРОЛЕВСКОГО ИНСТИТУТА
НАВИГАЦИИ, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ 43

ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ 44

КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ

Ю.А. Соловьев
ОБОРУДОВАНИЕ НАВИГАЦИИ, ПОСАДКИ И УВД НА МАКС-2005 45

Н.В. Непряхин, В.М. Царев
КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА МАКС-2005 47

ЗАСЕДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА "РАДИОНАВИГАЦИЯ" 49

ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ

Г.Ф.Молоканов
К ИСТОРИИ ВОЗДУШНОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ 51

НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ 57

ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ

КАЛЕНДАРЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ
И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2005-2007 гг. 58

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

DECREE OF THE PRESIDENT OF THE RUSSIAN
FEDERATION "ON THE FEDERAL AERONAVIGATION SERVICE" 3

WORKSHOP "DEVELOPMENT AND USING SATELLITE
RADIONAVIGATION SYSTEM AUGMENTATIONS IN THE CIS" 5

SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES

Yu.A. Soloviev, V.M. Tsarev
GENERAL TRENDS IN IMPLEMENTATION AND USING
SATELLITE RADIONAVIGATION SYSTEM AUGMENTATIONS 6

S.P. Barinov, B.I. Loboiko
PRACTICE OF INTERNATIONAL CO-OPERATION IN AGREEMENTS
ON FREQUENCY ALLOCATIONS FOR MARINE-BASED AUGMENTATIONS
FOR SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS 16

V.V. Boikov, Ye.S. Peresadko
USING SATELLITE RADIONAVIGATION SYSTEM AUGMENTATIONS
IN GEODESY AND LAND UTILIZATION. SATELLITE LAND MARKING SYSTEMS 18

A. Balov, V. Zholnerov, S. Maliukov, V. Tsarev, A. Choglokov
DATA TRANSMISSION FORMAT VIA A DATALINK USING PPM MODULATION
OF THE SIX LAST PULSES IN THE PULSE PHASE RNS SIGNAL 22

Yu.P. Melnikov, S.V. Popov
RNS INTERFERENCE SOURCE POSITIONING BY AN AMPLITUDE
DIRECTION FINDER WITH A FIXED ANTENNA MOUNTED ON A MOBILE CARRIER 29

V.D. Sharov
ON THE ACCURACY OF AERONAVIGATION DATA RESOLUTION 32

DIGEST OF THE NEWSLETTER "OUR POSITION" OF LOCUS, INC. 35

DIGEST OF THE GPS WORLD 37

DIGEST OF THE NAVIGATION JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NAVIGATION 40

DIGEST OF THE ION NEWSLETTER 41

DIGEST OF THE EUROPEAN JOURNAL OF NAVIGATION 42

DIGEST OF THE "NAVIGATION NEWS" MAGAZINE
OF THE ROYAL INSTITUTE OF NAVIGATION 43

OPERATIONAL INFORMATION 44

CONFERENCES, EXHIBITIONS, MEETINGS FROM THE HISTORY OF NAVIGATION

G.F. Molokanov
ON THE HISTORY OF AERIAL RADIONAVIGATION 51

NEW BOOKS AND MAGAZINES 57

PLANS AND CALENDARS 58

УКАЗ «О ФЕДЕРАЛЬНОЙ АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ СЛУЖБЕ»¹

DECREE OF THE PRESIDENT OF THE RUSSIAN FEDERATION “ON THE FEDERAL AERONAVIGATION SERVICE”

В соответствии со статьей 112 Конституции Российской Федерации и Федеральным конституционным законом от 17 декабря 1997г. №2-ФКЗ «О Правительстве Российской Федерации» постановляю:

1. Образовать Федеральную аэронавигационную службу.

2. Установить, что руководство Федеральной аэронавигационной службой осуществляет Правительство Российской Федерации.

3. Правительству Российской Федерации в трехмесячный месячный срок:

- утвердить положение о Федеральной аэронавигационной службе, предусмотрев в нем, что указанная Служба является специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим следующие функции: государственное регулирование, контроль и надзор в сфере использования воздушного пространства Российской Федерации; оказание государственных услуг по аэронавигационному обслуживанию пользователей воздушного пространства Российской Федерации; организация единой системы авиационно-космического поиска и спасания; управление государственным имуществом, лицензирование и сертификация в установленной сфере деятельности (в том числе сертификация типов систем и средств радиотехнического обеспечения полетов и управления воздушным движением, а также их производства); установление ставок сборов за аэронавигационное обслуживание и порядка их взимания, распоряжение средствами от указанных сборов; выдача разрешений на транзитные полеты иностранных воздушных судов через воздушное пространство Российской Федерации и на пересечение ими государственной границы Российской Федерации;

- перераспределить функции, осуществляемые Министерством транспорта Российской Фе-

дерации, Федеральной службой по надзору в сфере транспорта и Федеральным агентством воздушного транспорта, в соответствии с абзацем вторым настоящего пункта;

- передать в ведение Федеральной аэронавигационной службы необходимые для обеспечения выполнения ею своих функций государственные унитарные предприятия, учреждения и организации (далее – организации) с принадлежащим им имуществом;

- утвердить предельную штатную численность центрального аппарата Федеральной аэронавигационной службы и ее территориальных органов, а также фонд оплаты труда их работников;

- утвердить перечень и определить сроки расформирования органов военного управления, воинских частей и учреждений Вооруженных Сил Российской Федерации, имущество которых подлежит передаче Федеральной аэронавигационной службе, а военнослужащие – прикомандированию к указанной Службе, и обеспечить проведение в установленные сроки ликвидационных процедур;

- представить предложения по замещению должностей в центральном аппарате Федеральной аэронавигационной службы, в ее территориальных органах и подведомственных ей организациях военными служащими Вооруженных Сил Российской Федерации;

- обеспечить в период проведения ликвидационных процедур руководство функционированием Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации;

- обеспечить предоставление увольняемым военным служащим и высвобождаемому гражданскому персоналу Вооруженных Сил Российской Федерации льгот и компенсаций, предусмотренных федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации;

¹ Собрание законодательства Российской Федерации № 37 12 сентября 2005 г.

- решить финансовые, организационные, имущественные и иные вопросы, связанные с реализацией настоящего Указа;

- внести в Государственную Думу Федерального Собрания Российской Федерации проект федерального закона, связанного с реализацией настоящего Указа;

- привести свои акты в соответствие с настоящим Указом.

4. Министру обороны Российской Федерации в трехмесячный срок внести в структуру Министерства обороны Российской Федерации изменения в соответствии с настоящим Указом.

5. Внести изменение в структуру федеральных органов исполнительной власти, утвержденную Указом Президента Российской Федерации от 20 мая 2004г. №649 «Вопросы структуры федеральных органов исполнительной власти» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, №21, ст.2023; №31, ст.3234; №38, ст. 3775; №42, ст.4107; №47, ст.4635; №49, ст.4889), включив в раздел III «Федеральные службы и федеральные агентства, руководство которыми осуществляет Правительство Российской Федерации» после слов «Федеральная антимонопольная служба» слова «Федеральная аэронавигационная служба».

6. Признать утратившими силу:

Указ Президента Российской Федерации от 6 апреля 1994г. №669 «Об упразднении Российской федеральной авиационно-космической службы поиска и спасания и создании Федерального управления авиационно-космического поиска и спасания при Министерстве обороны Российской Федерации» (Собрание актов Президента и Правительства Российской Федерации, 1994, №15, ст.1175), за исключением пункта 4;

- абзацы шестой и девятый подпункта 7 пункта 7 Положения о Министерстве обороны Российской Федерации, утвержденного Указом Президента Российской Федерации от 16 августа 2004г. №1082 «Вопросы Министерства обороны Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, №34, ст.3538).

7. Настоящий Указ вступает в силу со дня его подписания.

Президент Российской Федерации В.В. ПУТИН

Москва, Кремль

5 сентября 2005 г.

№ 1049

СЕМИНАР «СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СНГ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

WORKSHOP “DEVELOPMENT AND USING SATELLITE RADIONAVIGATION SYSTEM AUGMENTATIONS IN THE CIS”

Как уже сообщалось, 22 июня 2005 года в помещении ФГУП НТЦ «Интернавигация» по адресу г. Москва, Б. Трехсвятительский пер., дом 2 состоялся научно-технический семинар Межгосударственного Совета «Радионавигация», ФГУП НТЦ «Интернавигация», Российского общественного института навигации (РОИН) и Ассоциации транспортной телематики по вопросу «Создание и использование в СНГ функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем». После дискуссии было принято следующее решение.

I. Семинар отмечает:

1. Функциональные дополнения (дифференциальные подсистемы) спутниковых радионавигационных систем (СРНС) ГЛОНАСС и GPS являются важными средствами повышения точности и надежности информации СРНС. В этой области в СНГ проведен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, начато практическое использование дифференциальных подсистем (ДПС). Большинство работ проводится в соответствии с Федеральной целевой программой «Глобальная навигационная система» и планами государств-участников СНГ.

2. В настоящее время наиболее активно ведутся работы по созданию, размещению и предварительной эксплуатации морских дифференциальных подсистем ГЛОНАСС и GPS, а также по использованию ДПС в интересах геодезии и землеустройства. В то же время качество функционирования морских дифференциальных подсистем во многом зависит от оптимальности выбора частотно-территориального разнеса с другими радиоэлектронными средствами. Их частотные назначения регламентируются национальными нормативными документами и международными соглашениями.

3. Получены предварительные результаты отработки авиационной локальной дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС и GPS ЛККС-А-2000 для посадки воздушных судов гражданской авиации.

4. Проводятся исследования в части использования технологии Еврофикс для создания региональных дифференциальных подсистем ГЛОНАСС и GPS на основе импульсно-фазовых радионавигационных систем.

5. Проведенное предварительное рассмотрение выявило интерес к использованию в СНГ Европейской широкозонной дифференциальной подсистемы (ШДПС) EGNOS, к созданию россий-

ской широкозонной системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) и региональных навигационно-информационных систем (РНИС) разработки РНИИ КП.

II. Семинар рекомендует:

1. Одобрить доложенные результаты работ и использовать их при подготовке новых редакций Российского радионавигационного плана, системного проекта Единой системы навигационно-временного обеспечения РФ и при выполнении Межгосударственной радионавигационной программы государств-участников Содружества Независимых Государств.

2. В связи с развертыванием дифференциальных станций на внутренних водных путях России уполномоченным службам Минтранса выполнить необходимые организационно-технические мероприятия по национальному и международному согласованию Частотного плана Речной дифференциальной подсистемы ГНСС

3. Рассмотреть возможности использования результатов отработки ЛККС-А-2000 для посадки летательных аппаратов всех ведомств, а также для создания других авиационных локальных дифференциальных подсистем ГЛОНАСС и GPS.

4. Провести оценку возможностей использования Европейской ШДПС EGNOS, российской широкозонной системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) и региональных навигационно-информационных систем (РНИС) разработки РНИИ КП в интересах потребителей СНГ.

5. Использовать опыт Центра спутниковых технологий ФГУП «Госкадастръемка» при проведении геодезических и землеустроительных работ в других регионах СНГ.

6. РИРВ и ФГУП НТЦ «Интернавигация» продолжить детальную проработку вопросов использования ИФРНС «Чайка» как функционального дополнения и резервной навигационной системы ГНСС.

7. В ходе дальнейших работ проводить более детальное рассмотрение вопросов метрологического обеспечения функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем.

8. Обеспечить возможность публикации докладов на страницах журнала «Новости навигации».

Ниже публикуется ряд статей, которые представляют собой журнальный вариант выступлений участников семинара.

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ¹

Ю.А.Соловьев, В.М.Царев

В статье рассматриваются общие тенденции создания и использования функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем – широкозонных, региональных и локальных дифференциальных подсистем, призванных повысить точность и надежность спутниковой навигации. Анализируется состояние и направления развития WAAS, EGNOS, MSAS, “Indian WAAS”, Starfix, SkyFix, Eurofix, LAAS, JPALS и др., в том числе в интересах различных российских потребителей.

GENERAL TRENDS IN IMPLEMENTATION AND USING SATELLITE RADIONAVIGATION SYSTEM AUGMENTATIONS

Yu.A. Soloviev, V.M. Tsarev

The paper presents the general trends in implementation and using satellite radionavigation system augmentations: widearea, regional and local differential systems aimed at improving satellite navigation accuracy and reliability. The state and development trends are analyzed in WAAS, EGNOS, MSAS, “Indian WAAS”, Starfix, Skyfix, Eurofix, LAAS, JPALS, etc., and the interests of the Russian users.

Одним из наиболее важных способов повышения точности и надежности навигации с помощью спутниковых навигационных систем является использование дифференциального режима и соответствующих функциональных дополнений – дифференциальных подсистем (ДПС).

Исходя из размеров рабочих зон, условно они подразделяются на широкозонные (ШДПС), региональные (РДПС) и локальные (ЛДПС). Основой ШДПС (WAAS, EGNOS, MSAS) является сеть широкозонных контрольных станций (ШКС), информация от которых передается на широкозонные главные станции (ШГС) для совместной обработки с целью выработки общих поправок и сигналов целостности. Радиус рабочей зоны ШДПС порядка 5000...6000 км. Выработанные на ШГС сигналы целостности и корректирующие поправки передаются через наземные станции передачи данных (НСПД) на геостационарный КА (ГКА) типа Инмарсат, Артемис или МСАТ для последующей ретрансляции потребителям. Эти ГКА используются также в качестве навигационных точек для дополнительных дальномерных измерений. Основными методами

контроля целостности в ШДПС при этом являются методы анализа разностей между измеренными и прогнозируемыми значениями псевдодальностей (ПД), а также методы, использующие избыточность измерений.

Региональные ДПС предназначены для навигационного обеспечения отдельных регионов континента, моря, океана. Диаметр рабочей зоны может составлять от 400...500 до 2000 и более километров. РДПС могут иметь в своем составе одну или несколько контрольно-корректирующих станций (ККС), а также соответствующие средства передачи корректирующей информации и сигналов целостности. Эта информация вырабатывается на главной станции или ККС.

Локальные ДПС имеют максимальные дальности действия от ККС или передатчика ЛПД до 50...200 км. ЛДПС обычно включают одну ККС (имеются варианты с несколькими ККС), аппаратуру управления и контроля (в том числе контроля целостности) и средства передачи данных [1].

Если в качестве классифицирующего признака используется среда размещения передающей

¹ Доклад на семинаре «Создание и использование в СНГ функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем»

поправки станции, то среди ДПС различаются системы с космическим базированием (SBAS) и наземным базированием (GBAS) передающей станции. На практике чаще всего термин SBAS относится к ШДПС, а GBAS – авиационной ЛДПС посадки.

ШДПС

Как уже отмечалось, к настоящему времени наиболее широкую известность получили проекты ШДПС, использующих геостационарные космические аппараты в качестве средств передачи сигналов контроля целостности и дифференциальных поправок (SBAS). Такими системами являются северо-американская WAAS, европейская EGNOS, японская MSAS и индийская GAGAN. Основные характеристики ШДПС типа SBAS определяются SARPs ИКАО.

WAAS

WAAS, широкозонная система геостационарного функционального дополнения GPS, по замыслу заказчика – Федеральной авиационной администрации (ФАА) США, предназначена для обеспечения целостности, доступности и точности, соответствующая требованиям, которые предъявляются к основным системам для всех фаз полета вплоть до захода на посадку по I-й категории, в первую очередь на Северо-Американском континенте и частично в Северной Атлантике. К настоящему времени создана испытательная основа WAAS, включающая 25 ШКС с номинальными взаимными удалениями порядка 500...600 км. Базируется на ГКА Inmarsat III, Telesat, PanAmsat. Проведенными исследованиями показано, что ошибки определения высоты не превышают 2...5 м. При этом в США и близлежащих районах точность определения координат и высоты составила от одного до двух и от двух до трех метров соответственно. Работу WAAS для ФАА обеспечивает фирма Raytheon на постоянной основе.

10 июля 2003 г. ФАА признала систему годной для использования (ЮС) в авиации. Система обеспечивает маршрутные полеты и неточные заходы на посадку (минимум по высоте 105 м). Доступность – 95%, покрывает 98% территории США. В настоящее время работы по системе WAAS продолжаются, и она включена в Федеральный радионавигационный план США [2–4].

Береговая охрана США утверждает, что WAAS может также использоваться и морскими судами с целью повышения навигационной обеспеченности плавания, но не в критических с точки зрения безопасности условиях.

По завершении работ и достижении WAAS полной оперативной способности сигналы системы будут использоваться всеми потребителями наряду

с другими навигационными средствами для повышения надежности, устойчивости и живучести навигационного обеспечения.

Совершенствование системы связано с наращиванием оборудования (ГКА – с 2 до 4, ШКС – с 25 до 38, ШГС – с 2 до 3), совершенствованием средств обработки информации, включая использование специальных ионосферных алгоритмов, а также с передачей сигнала L5 GPS [2–4].

EGNOS

EGNOS создается по заказу и под наблюдением так называемой Европейской тройственной группы, объединяющей представителей Европейского космического агентства, Евроконтроля и Европейского Союза.

Основу EGNOS составляют геостационарные спутники связи Инмарсат III (в будущем Artemis), на которых установлен ретранслятор навигационных сигналов.

Общая архитектура EGNOS включает КА ГЛОНАСС и GPS, космический сегмент в составе 3-х активных ГКА и одного резервного, а также наземный сегмент, состоящий из ШКС, ШГС и НСПД.

Наземный сегмент Опытной системы EGNOS (ОСЕ) строился с участием Информационной системы SATREFФ Норвежского картографического управления и подсистемы EURIDIS французского космического агентства, которая создана в 1999 г. для обеспечения определения GPS-подобных псевдодальностей при использовании ГКА Inmarsat AOR-E и IOR.

В состав ОСЕ входят:

- сеть из 31 ШКС (RIMS) для сбора и накопления данных наблюдений и измерений ПД по сигналам GPS/ГЛОНАСС и ГКА, в том числе в районах городов Кадис (Испания), Сцилли (Великобритания), Роттердам (Нидерланды), Хофн (Исландия), Трёмсе, Хонфосс (Норвегия) и Анкара (Турция); затем Фучино и Матера (Италия) и др.;
- центр обработки (ШГС), предназначенный для формирования сообщений ШДПС для пользователей подсистемы;
- навигационная земная станция (часть подсистемы EURIDIS), связанная с Inmarsat AOR-E и размещенная вблизи г. Ауссагуэль (Aussaguel), Франция (НСПД);
- три станции RIMS подсистемы EURIDIS; эти станции размещены на межконтинентальных базах вблизи г. Тулуза (Франция), на полигоне Куру (Французская Гвиана) и г. Хартебешоек (Hartebeeshoek) в Южной Африке для того, чтобы обеспечивалась высокая точность определения орбиты ГКА; эти станции также предназначены для сбора данных по НКА GPS и ГКА.

Сопоставление экспериментальных величин погрешностей с требуемыми точностными характеристиками (2 СКО) для обеспечения посадки самолета в условиях категории I (1...1,5 м – 9...17 м по координатам и 1,1...2 м – 3...4,0 м по высоте), а также анализ предварительных данных по надежности (доступность, целостность) позволяет сделать вывод о возможности обеспечения посадки в таких условиях [4].

Предполагается также развитие EGNOS на регионы Центральной и Южной Америки, Южной Африки, России, Индии и т.д., что связано в первую очередь с расширением сети ШКС (RIMS). Отметим, что состояние повышенной оперативной способности подсистемы достигнуто на 2004 г. В 2005 г. проводятся работы в интересах подтверждения оперативной готовности. Реализована 100% доступность для APV-I, APV-II [5].

Продолжаются также работы в интересах морского, железнодорожного и автомобильного транспорта.

MSAS

Многофункциональная японская система MSAS должна состоять из трех основных частей: космического сегмента, наземного сегмента и сегмента потребителей.

В качестве основы космического сегмента MSAS должна использовать японский многофункциональный транспортный КА (МТКА) MSAT.

Наземный сегмент включает: наземные станции мониторинга (первоначально в районах Токио, Фукуока, Саппоро и Наха), главные станции (Аэрокосмические центры в Кобе и Хитахиота), наземные станции мониторинга и определения дальности в Австралии и на Гавайских островах для определения и уточнения орбит КА, сети передачи данных и НСПД.

Зона действия MSAS должна охватывать в первую очередь воздушные трассы Северной части Тихого океана между Азией и Америкой, а также регион островов Японии. Особо отметим, что зона ГКА MSAT охватывает практически большую часть азиатской территории России, а также прилегающие акватории морей и Тихого океана.

GAGAN

Работы по созданию собственной ШДПС начала Индия (Indian WAAS) усилиями специалистов университета г. Хайдерабад. В литературе приводятся наименования 14 возможных пунктов размещения широкозонных контрольных станций (гг. Хайдерабад, Сринагар, Дели, Бхопал и др.) [1].

ШДПС STARFIRE WADGPS

Совместными усилиями фирм NavCom Technology Inc. и Precision Farming Group of John Deere создана специализированная широкозонная дифференциальная подсистема StarFire WADGPS, которая выводит потребителей на принципиально новый уровень точности определения положения объекта на Северо-Американском континенте.

ШДПС использует сравнительно недорогие высококачественные двухчастотные приемники как на опорных станциях, так и у потребителя. В приемниках используется специально разработанный метод расширенного фазового сглаживания, который позволяет использовать измерения со скомпенсированной рефракционной составляющей погрешностей определения псевдодальностей. Система оказывается свободной от двух весьма существенных погрешностей, обусловленных ионосферой и многолучевостью.

Разработан также новый спутниковый связной приемник, способный принимать сигналы КА Инмарсат L-диапазона на частотах 1525...1565 МГц, а также многофункциональная антенна, служащая для приема сигналов как GPS, так и Инмарсат. Разработаны специальные алгоритмы коррекции, позволяющие обеспечить потребителя более “гладкими” поправками для Северо-Американского континента. Они предполагают более централизованную обработку и более высокую степень надежности, доступности и целостности обслуживания.

Архитектура StarFire WADGPS напоминает архитектуру ШДПС WAAS. Отличие состоит в том, что в системе StarFire WADGPS не передаются ионосферные поправки. Необходимость последних отпадает при использовании двухчастотных приемников [1]. ШДПС StarFire WADGPS включает 7 опорных (контрольных) станций, две главных станции и одну земную станцию для передачи и закладки поправок в ГКА Инмарсат. Существенно также то, что поправки передаются не в GPS-подобном сигнале Инмарсат, а в специальном сообщении диапазона 1525...1565 МГц, для приема которого нужен специальный приемник. В комплект аппаратуры потребителя входит двухчастотный приемник сигналов GPS NCT2000D, связанный со связным приемником через стандартные последовательные порты RS-232, связной приемник, общая антенна и пульт управления. Выходные данные приемника GPS передаются через порт RS-232 и специальную шину. Приемник NCT2000D имеет 10 полных двухчастотных каналов GPS и два канала WAAS.

Проведенные испытания точности определения места потребителя за 24 часа показали, что ошибки (СКО) определения координат в направлениях «восток—север—вверх» составили соответственно 0,14, 0,19 и 0,41 м.

Система в настоящее время уже используется для ряда сельскохозяйственных применений, таких как съемка местности, документирование состояния полей, автоматическое и полуавтоматическое управление техникой, например, комбайном и т.д.

ИДПС НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТ

Одним из наиболее впечатляющих результатов содружества спутниковых и информационных технологий является построение с использованием Интернет опытной глобальной дифференциальной GPS системы, которая находит применение в первую очередь для решения исследовательских задач [1]. Работа выполнена специалистами Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory, JPL) и Калифорнийского технологического института (США).

Система основывается на 18 контрольных станциях из 50 станций, принадлежащих NASA, разбросанных по всему миру и используемых JPL.

Вся сеть КС использует 4 приемника GPS типа АОА-АСТ Benchmarks, 3 приемника Turbo-Rogues и 11 приемников Ashtech Z-12. Кодовые и фазовые двухчастотные измерения приемников по каналам Интернет в реальном времени передаются на компьютеры JPL по адресу <http://igscb.jpl.nasa.gov>. Компьютеры оснащены специальным математическим обеспечением, работающим также в реальном времени (Real-Time Gipsy, RTG). Для передачи измерений с частотой 1 Гц используется программа Real-Time Net Transfer (RTNT) и протокол User Datagram Protocol (UDP), что позволяет передать более 98% данных за время, меньшее 2 с.

Дифференциальные коррекции потребитель может получить через TCP-сервер по адресу <ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/rjm/jplGdGPS/>

Каждое корректирующее сообщение передается с частотой 1 Гц, имеет объем 560 бит, содержит данные коррекции координат X, Y, Z и синхронизации “часов” НКА. Для коррекции данных 32 НКА требуется время порядка 8 с.

Проведенными испытаниями показано, что при использовании таких дифференциальных корректирующих сообщений точность (СКО) определения координат и высоты может составить 8 и 20 см соответственно. Предполагается развивать сеть КС. При этом могут меняться и процедуры доступа в систему.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ДПС

Региональные ДПС СРНС предназначены для навигационного обеспечения отдельных регионов континента, моря, океана и могут иметь в своем составе одну или несколько ККС, а также соответствующие средства передачи КИ и сигналов целостности.

РДПС STARFIX

Примером РДПС являются ДПС Starfix фирмы Fugro. Эти подсистемы имеют дальность свыше 2000 км. Сеть таких ДПС образована 60 наземными ККС и четырьмя КА Инмарсат и охватывает многие районы всех континентов за исключением части Африки и Азии (Россия), а также акватории прилегающих морей и океанов. Заявленная точность местоопределения (с вероятностью 0,95) 1...2 м на дальностях до 1000 км и 3 м на удаленностях, превышающих 2000 км.

РДПС SKYFIX

Аналогичная региональная дифференциальная система SkyFix фирмы Racal Survey Limited также охватывает все основные районы мира, в которых ведутся наиболее активные процессы добычи, использования, наблюдения и исследования природных ресурсов.

РДПС EUROFIX

Важным проектом, в соответствии с которым проводится активная работа европейских и российских специалистов, является проект Eurofix (Еврофикс) создания региональных спутниковых ДПС ГЛОНАСС/GPS на основе использования передающих станций радиотехнических систем дальней радионавигации Лоран-С/Чайка.

Отмечается ряд преимуществ системы перед другими вариантами создания РДПС:

- реализация на основе уже существующей структуры;
- охват большой площади при сравнительно невысоких затратах;
- обеспечение улучшенной работоспособности и доступности канала передачи данных в городских и горных районах;
- обеспечение резервирования при отказе работы систем Лоран-С/Чайка или ГЛОНАСС/GPS.

Сверхточные определения места по СРНС могут также использоваться для калибровки показаний РСДН и компенсации погрешностей, обусловленных особенностями распространения радиоволн. В свою очередь, данные Лоран-С/Чайка могут использоваться для контроля целостности СРНС.

Станции Лоран-С/Чайка работают в длинноволновом диапазоне радиоволн на частоте 100 кГц. Радиус действия ДПС с одной станцией порядка 1000 км.

Предварительные оценки показали, что линии передачи данных на основе станций РСДН могут обеспечить эффективную скорость передачи информации от 15 до 30 бит/с. Предусмотрено дополнение РДПС Eurofix, первоначально рассчитанной на GPS, функцией использования ГЛОНАСС. Применяется асинхронный DGPS/ДГЛОНАСС формат данных.

Дифференциальные поправки и сигналы контроля целостности формируются на контрольно-корректирующей станции в виде сообщения RTCM типа 9. Они затем кодируются и модулируют сигнал передатчика РСДН. Используется импульсная модуляция. Модулируются только 6 последних импульсов группы из 8 импульсов.

Для повышения помехоустойчивости применяются контроль четности и корректирующие коды Рида-Соломона. В приемнике РСДН сигнал демодулируется, сообщение декодируется и передается в приемник СРНС для последующего использования при компенсации квазисистематических погрешностей и ошибок селективного доступа GPS (если они введены).

Точность (95%) определения координат такой РДПС может составить 5 м.

К настоящему времени в РДПС Eurofix включены 4 станции Северо-Европейской цепочки (NELS): Лессей (Lessay), Зильт (Sylt), Верландет (Värmlandet) и Бё (Be). Eurofix в состоянии охватить Скандинавию, Данию, Германию, Францию, Испанию, Португалию, Нидерланды, Бельгию, Великобританию. Рассматриваются вопросы взаимодействия с EGNOS при навигационном обеспечении автомобильного, железнодорожного, морского и воздушного транспорта.

Проводились исследования технологии Eurofix применительно к европейской сети РСДН Чайка. ККС была создана специалистами Нидерландов и России, установлена и сопряжена с аппаратурой ведущей станции (г. Брянск). Полученные результаты подтвердили высокую эффективность; при этом погрешности местоопределения составили: 3,37 м на удалениях порядка 1000 км и 2,48 м на удалениях порядка 500 км от ККС.

РДПС ТИПА GRAS

Проекты ДПС типа GRAS были выдвинуты аэронавигационными специалистами Швеции и Австралии [1] для повышения точности навигационного обеспечения при полетах по маршруту, в терминальной зоне и при заходе на посадку. РДПС GRAS включает:

- совокупность региональных контрольных станций (PKC), ведущих наблюдения за сигналами GPS подобно тому, как это делается на ШКС в широкозонных ДПС;

- центр обработки – региональную главную станцию (PGC), в которую поступают через соответствующие каналы спутниковой и наземной связи данные наблюдений PKC; в PGC формируются ШДПС-подобные сообщения, содержащие информацию о целостности сигналов НКА и о дифференциальных поправках, предназначенных для повышения точности навигационных определений потребителя;

- совокупность наземных УКВ станций (HUC), которые принимают ШДПС-подобные сообщения, проверяют и преобразуют их в формат, предназначенный для использования ЛДПС посадки типа LAAS (GBAS), а затем передают переформатированное сообщение на воздушное судно (BC).

HUC используют VDB протоколы TDMA с модуляцией D8PSK, в соответствии с которым сообщение передается через интервалы 1 с в течение временных слотов длительностью 1/16 с.

На BC для приема сообщений GRAS должен находиться приемник, предназначенный для приема сигналов GPS и LAAS (GBAS).

Таким образом, РДПС GRAS технически отличается от ШДПС тем, что для передачи дифференциальных сообщений используются вместо ГКА наземные УКВ станции. Отсюда следуют и сокращенные размеры рабочей зоны подсистемы (по сравнению с ШДПС): радиус зоны австралийской GRAS составляет ~ 2000 км. Обращение австралийских специалистов к GRAS было вызвано следующими причинами. По критерию «стоимость-эффективность» при внедрении спутниковых технологий в Австралии наиболее предпочтительным оказался вариант использования ЛДПС типа LAAS (GBAS) для обеспечения посадки по I-й категории и ШДПС (SBAS) – для маршрутного полета и неточного захода на посадку. В то же время ГКА Инмарсат, размещенные над Индийским и Тихим океанами, а также японский MSAT оказались недоступными для Австралии по техническим и политико-юридическим причинам.

GRAS разрабатывается с учетом необходимости совместимости с международными системами (SARPS) для обеспечения и операций на маршруте и при неточном заходе на посадку (с управлением по высоте) по правилам инструментального полета в воздушном пространстве Австралии.

Создана предварительная основа для испытания концепции GRAS, включающая пять PKC в

районах городов Брисбен, Дарвин, Седуна, Элайс-Спрингс и Хобарт (Тасмания), главную станцию и центр управления передачами данных в Канберре, а также две НУС в Канберре и Мельбурне, которые использовали частоту 113,575 МГц. В процессе эксплуатации предполагается РКС иметь в районах гг. Брисбен, Дарвин, Седуна, Элайс-Спрингс, Хобарт, Брум (Broome), Карнавон, Перт, Терсдей-1 (Thursday I), Маккей, а РГС – в Брисбене и Мельбурне.

В ходе маршрутных полетов были получены следующие оценки погрешностей определения места с вероятностью 95%: 1,4 м в направлении «запад–восток», 2,1 м – «север–юг», 3 м – по вертикали. Эти погрешности получены с учетом потерь связи с НУС при маневрах ВС.

Проведенные исследования подтвердили возможности конвертирования сообщений формата ШДПС в формат ЛДПС типа LAAS-GBAS, а также по удовлетворению точностных требований при маршрутном полете и неточном заходе (с управлением по высоте). В то же время погрешности определения высоты превышают требуемые 2 м для посадки в условиях категории I.

Известно, что в соответствии с ФЦП «ГЛО-НАСС» под эгидой гражданской авиации НППФ «Спектр» ведутся работы по созданию отечественной GRAS.

ДРУГИЕ ПРОЕКТЫ РДПС

Другим примером служат региональные ДПС, охватывающие зоны Персидского залива, Красного и Средиземного морей, Суэцкого канала и Гибралтара, по которым проходят важнейшие пути транспортировки нефти из Среднего и Ближнего Востока в Европу.

Большое внимание отводится планируемой национальной сети РДПС США NDGPS. Система основывается на трех сетях стационарных радиостанций, находящихся в резерве ВВС. Она должна дополнять совокупность дифференциальных подсистем Береговой охраны, использующих всенаправленные радиомаяки. NDGPS разрабатывается в интересах наземного транспорта с целью достижения точности местоопределения 1...3 м посредством передачи сигналов дифференциальных поправок на частоте ~300 кГц и учета их в аппаратуре потребителя.

В Канаде созданы региональные ДПС на основе сети наблюдений сигналов GPS, имеющей наименование Western Canada Deformation Array (WCDA). Сеть обеспечивает в необходимых случаях дециметровую и даже сантиметровую точность определения места. Она расположена на юго-западе Британской Колумбии и работает под управлением Тихоокеанского Центра наук о Земле Службы гео-

логических исследований Канады в интересах обеспечения наблюдений за состоянием земной коры.

Рассматривается также создание РДПС на основе станций Лоран-С с целью передачи корректирующей информации по стандарту SBAS для расширения возможностей WAAS [6,7].

ЛОКАЛЬНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ

ЛДПС чаще всего включают одну контрольно-корректирующую станцию (ККС), аппаратуру управления и контроля (в том числе контроля целостности) и средства передачи данных.

К настоящему времени определились три основных класса ЛДПС:

- морские ЛДПС для обеспечения мореплавания в проливных зонах, узкостях и акваториях портов и гаваней в соответствии с требованиями ИМО;
- авиационные ЛДПС для обеспечения захода на посадку и посадки ВС по категориям ИКАО;
- ЛДПС для геодезических, землемерных и других специальных работ.

МОРСКИЕ ЛДПС

Морские ЛДПС, использующие в качестве средств линий передачи данных (ЛПД) всенаправленные средневолновые радиомаяки (РМ) с дальностью до 200 км, размещены в США (практически по всему побережью), по периметру о. Исландия, по побережью Италии и в других странах Европы. 12 радиомаяков размещены вдоль побережья Австралии. Отмечается также их размещение в Китае, Индии, Южной Африке, Великобритании, Канаде и ряде других мест. Отметим, что к середине 1998 г. насчитывалось 187 таких радиомаяков в 28 странах мира [1].

На побережье России должно быть развернуто более 35 контрольно-корректирующих станций, в частности, на основе морских маяков. Кроме того, предусмотрено размещение 25 дифференциальных станций на внутренних водных путях России. В настоящее время отдельные средства проходят предварительную эксплуатацию на Балтике (маяк Шепелевский вблизи Санкт-Петербурга), в стадии предварительной готовности находятся ККС на маяках вблизи Новороссийска, Темрюка, Туапсе, Астрахани, Архангельска и др.

Точность (с вероятностью более 0,95) определения координат при совместном использовании ГЛОНАСС и GPS составит от 2 до 4,5 м. По 110 м. Надежность обслуживания и доступность составят соответственно более 0,9997 и 0,998 при времени предупреждения об отказе лучше 10 с.

ККС СН-3510 разработана КБ «Навис», имеется также разработка НИИКП. ККС рассчитывают по данным приемников сигналов ГЛОНАСС и GPS поправки, преобразуют их в стандартные сообщения (в соответствии со стандартом RTCM SC-104) и подают их на модулятор передатчика-радиомаяка. При этом применяется манипуляция с минимальным фазовым сдвигом (MSK). Возможная скорость передачи данных от 25 до 100 бит/с. В случае передачи поправок для ГЛОНАСС скорость передачи составляет 25 бит/с, при работе с GPS без селективного доступа и с селективным доступом скорости передачи составляют соответственно 50 и 100 бит/с. Такая манипуляция не мешает выполнению основной задачи РМ – определению направления. Для помехоустойчивого кодирования используются корректирующие коды Рида-Соломона.

Корректирующая информация морских ЛДПС передается в соответствии с общепринятым стандартом RTCM SC-104, разработанным первоначально для GPS Специальным комитетом 104 (Special Committee 104) Радиотехнической комиссии по мореплаванию США и поддержанным Международной Ассоциацией маячных служб. Версия 2.2 этого стандарта создана, чтобы учесть и использование дифференциального режима ГЛОНАСС.

АВИАЦИОННЫЕ ЛДПС

К настоящему времени разработано несколько типов авиационных ЛДПС СРНС для посадки. Эти системы отличаются несколькими достоинствами:

- сравнительно небольшой состав оборудования позволяет снизить издержки при улучшении качества обслуживания в сложных метеоусловиях;
- позволяют в условиях I-й и потенциально более сложных категорий обеспечить возможность работы для начальных участков в радиусе 55 км всех ВПП аэропорта со стороны любого захода на посадку, что делает эту систему экономически более эффективной, чем другие средства, которые предназначаются для одной ВПП;
- позволяют оборудовать местные авиалинии;
- отличаются гибкостью, позволяющей реализовать траектории захода с переменной геометрией, минимизирующие время полета и обеспечивающие борьбу с помехами;
- в системах реализуются современные принципы проектирования, обеспечивающие контроль состояния аппаратуры и ускорение ремонтных работ.

В качестве одного из примеров авиационной ЛДПС можно привести системы D920/D930 фирмы DASA (ФРГ), работающие по GPS. Аппаратура

D920 сертифицирована в соответствии со специальной категорией I, система D930 в состоянии удовлетворить требованиям I-й и II-категорий ИКАО. Радиус действия этих систем до 37 км.

Система D920 включает ККС с монитором СРНС, УКВ ЛПД с монитором по стандарту RTCA/DO-217, а также общий монитор для контроля и управления. Она имеет отказоустойчивую конструкцию и сертифицирована для критических ситуаций по соответствующим стандартам. Программное обеспечение сертифицировано по требованиям RTCA/DO-178B.

Для того, чтобы удовлетворить жестким требованиям посадки самолетов, ЛДПС имеет в своем составе монитор целостности со следующими функциями:

- обнаружение и исключение аномальных сигналов и ошибок, влияющих на измерительные каналы;
- аттестация дифференциальных ошибок определения дальности потребителя посредством сравнения некоррелированных показаний приемников;
- обнаружение и исключение перескоков фазы при слежении за фазой несущей;
- контроль передаваемых сообщений перед и после их излучения в эфир.

Другими примерами являются системы SLS-1000 и SLS-2000, разработанные фирмами Honeywell и Pelorus. Состав оборудования обеих систем аналогичен составу 920/930. Система SLS-1000 имеет средства самопроверки, которые при возникновении отказа оповещают об этом потребителей (операторов УВД и самолеты в зоне действия). Система SLS-2000 представляет собой отказоустойчивую конструкцию, которая продолжает выполнять свои функции при отказах отдельных блоков в то время, когда могут осуществляться мероприятия по ремонту техники.

Известны результаты летных исследований и оценки альтернативной ЛДПС посадки самолетов, характеристики которой должны удовлетворять требованиям посадки по II-й и даже III-й категории. Эта ЛДПС разработки Стэнфордского университета использует кодовые и фазовые измерения сигналов НКА GPS и сигналов псевдоспутников (псевдолитов – ПЛ), размещаемых перед торцом ВПП (для каждого направления захода на посадку). Кодовые и фазовые измерения наземной контрольной станции передаются на борт в реальном времени. Использование на борту собственных кодовых и фазовых измерений (НКА и ПЛ) совместно с дополнительными измерениями наземной ККС позволяет успешно решить проблему многозначности фазовых отсчетов и реализовать их потенциально более высокую

точность. Важным дополнительным фактором, существенно способствующим повышению точности определения высоты, является использование ПЛ. В этом случае существенно улучшается наблюдаемость системы благодаря быстрому изменению направления линии «ПЛ- самолет». При этом ошибки в боковом канале существенно ниже требуемых, а погрешность определения высоты в реальном времени на уровне 95% (/Смещение/ +2*СКО), равная 0,74 м, хотя и близка, но все же несколько превосходит требуемые для III-й категории значения 0,4...0,6 м. После уточнения дисперсий ошибок измерений по сигналам ПЛ на основе собранных данных и использования уточненных значений при повторной обработке измерений выявлены возможности существенного снижения высотной погрешности (до уровня 0,46 м). Таким образом, этот вариант ЛДПС позволяет достичь характеристик, соответствующих точностным требованиям для III-й категории ИКАО.

Опубликованы также результаты оценки, проведенной специалистами фирмы Хьюз, другого прототипа ЛДПС для обеспечения посадки по III-й категории ИКАО. Наземное оборудование этой системы состоит из 4-х опорных станций, имеющих приемники GPS и специальные антенны для подавления многолучевости, компьютер для обработки измерений от опорных станций с повышенной точностью и оборудование ЛПД для передачи корректирующей информации. Проведены летные испытания в аэропортах Филадельфии, Фербенкса, Колд Бей и Миннеаполиса. На борту самолетов Боинг-727 и Фалкон-20 находились приемники Novatel Millennium GPS. Обработка измерений показала, что на высоте 30 м принятия решения на посадку точность (95%) в боковом канале составила 0,39 м, а в канале определения высоты – 0,85 м, что также приближается к требуемым для III-й категории характеристикам.

Позиция ИКАО по формату сообщений и радиоканалу для авиационных ЛДПС нашла отражение в SARPs, где учтены положения стандарта RTCA/DO-217 по минимальным характеристикам авиационных систем, подготовленного Радиотехнической комиссией по авиации США применительно к задаче захода самолета на посадку по специальной категории I (SCAT-I).

Продолжается разработка других документов. Свидетельством этого, в частности, является выход в свет новых нормативных материалов SARPs, а также RTCA: RTCA /DO-245 (Стандарт на ЛДПС посадки по I, II, IIIA, IIIB категориям и по взаимодействию с GPS/WAAS), RTCA /DO-246 (Интерфейсный контрольный документ, определяющий взаимоотношения ЛДПС посадки и бортового оборудования. Определяет характеристики 4-х сигна-

лов: GNSS для ВС, GNSS для наземной станции, ЛПД и дополнительного сигнала при измерении дальности) и RTCA /DO-253 (Стандарт на минимальные рабочие характеристики бортового оборудования GPS/LAAS).

ФАА США рассматривает ЛДПС, разработанные в соответствии с требованиями SCAT-I, как системы, предназначенные для частного использования, специальными потребителями, на специфических ВПП, в переходный период до полного удовлетворения требований ИКАО перспективной системой LAAS (GBAS). Последнюю ФАА рассматривает как систему общего пользования, которая будет обеспечивать все требования посадки в условиях I, II, III категорий ИКАО. Требования к LAAS по категории I были подготовлены 31.05.2001 г. В апреле 2003 г. заключен с Honeywell контракт на первый этап по разработке аппаратных средств и математического обеспечения системы (16,7 млн. долл.). Этапы II и III носят опционный характер. Общая стоимость создания системы оценивается в 340 млн. долл. После выполнения задач II-го этапа система будет размещена в аэропортах: Chicago O'Hare; Houston Intercontinental; Juneau, AK; Memphis, TN; Phoenix; Seattle. Первая система может появиться в конце 2006 г. [8]. Ориентировочная стоимость серийной системы, работающей по I категории, составляет 300000 долл. Между тем, фирма Boeing оборудовала первый самолет Boeing-737 для посадки по системе LAAS [8]. Создание LAAS по категориям II и III находится на стадии дальнейших проработок.

В США для военной авиации находится на стадии технологической проработки специальная программа создания единой системы точного захода и посадки JPALS (Joint Precision Approach and Landing System) [9]. Общие требования к различным вариантам JPALS приведены в таблице на странице 14.

Программа JPALS имеет две параллельные ветви: Land Based (наземная) JPALS, поддерживаемая ВВС, и Sea Based (корабельная) JPALS, поддерживаемая ВМС США. Если для первой требуется обеспечение посадки в условиях I-й и II-й категорий, то для корабельной JPALS требуется обеспечение автоматической посадки.

В частности, заходы на посадку и посадка на палубу авианосца, проведенные на самолете F/A-18, выявили высокую (СКО < 3 см) точность навигационных определений, использующих кинематические фазовые измерения временных задержек, на основе которых происходят определения псевдодальностей и другие необходимые расчеты.

Минимум посадки / качество управления	60×800 м / категория I	30×400 м / категория II	0×0 м / автоматическая посадка на корабль
Условия посадки	Постоянное базирование, тактические операции, специальные операции	Постоянное базирование, тактические операции	Корабельные
Точность, 95% на высоте принятия решения по вертикали, м по боку, м	4,0 16,0	2,0 6,9	0,4 0,4
Целостность	2×10^{-7} / 150 с (заход)	1×10^{-9} / 15 с	10^{-7} / заход
VAL, м LAL, м	10 40	5,3 17,3	1,1
Время предупреждения, с	6	2	1
Непрерывность	8×10^{-6} / 15 с	4×10^{-6} / 15 с	2×10^{-6} / 15 с
Оперативная готовность	99,5% Постоянное базирование	99,5% Постоянное базирование	99,7%
	99,0% тактические операции	99,0% тактические операции	
	98,0% специальные операции		
Уязвимость	Должна быть оценена	Должна быть оценена	Должна быть оценена

Основные трудности реализации LAAS и JPALS связаны с подавлением погрешностей, обусловленных многолучевостью, распространением радиоволн в тропосфере и ионосфере, а также с возможной уязвимостью систем, обусловленной воздействием помех.

Отечественный опыт создания авиационной ЛДПС посадки пока ограничивается инициативной разработкой НППФ «Спектр» локальной контрольно-корректирующей станции ЛККС-А-2000, которая поддерживается гражданской авиацией.

Из опубликованных материалов известно, что погрешности измерения псевдодальностей (ПД) составляли 0,4 м (по GPS) и 0,6 м (по ГЛОНАСС). При геометрическом факторе 2...3 и таких же погрешностях определения ПД в бортовой аппаратуре СРНС СКО определения высоты может уложиться в требуемые 2 м для I-й категории [1].

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЛДПС

Важный, распространенный и весьма перспективный класс ЛДПС составляют системы геодезического обеспечения с дальностью не более 50 км и сантиметровой-дециметровой точностью. Как правило, их использование допускает серьезную

обработку измерений после того, как эти измерения проведены. Кроме того, они почти в обязательном порядке реализуют алгоритмы слежения за фазой несущей частоты сигнала. В то же время требования непрерывности, доступности и целостности для таких систем могут быть существенно ослаблены.

Известны результаты исследования и оценки первой дифференциальной сети в Германии, расположенной на юге Нижней Саксонии. Она имеет 5 опорных станций: Ганновер, Брауншвейг, Геттинген, Алфельд и Клаустхал-Целлерфельд (главная станция). Корректирующие поправки рассчитываются на главной станции и передаются в соответствии со стандартом RTCM SC-104, v.2.1. Используется метод дифференциальной коррекции в реальном времени. Реализуется точность привязки от нескольких сантиметров до нескольких миллиметров. Рассматриваются вопросы передачи измеряемых параметров.

Создана сеть в Нидерландах, состоящая из пяти опорных и одной главной станции, объединенных каналами передачи данных. Определение места потребителя осуществляет при использовании коррекций от виртуальной станции, месторасположение которой выбирается по его выбору.

Опубликованы материалы исследования точностных характеристик финской геодезической сети.

Сеть состоит из 11 опорных станций, оборудованных приемниками Ashtech Z-12, и использует дифференциальный режим и передачу поправок в стандарте RTCM. Исследования показали, что точность определения места по координатам X,Y составляет $\pm 0,5$ см, а по высоте ± 1 см.

Известны характеристики геодезической ЛДПС NDS 100MkII фирмы Серсель (Франция). Система имеет три режима: обычный, обеспечивающий субметровую точность; усовершенствованный с дециметровой точностью местоопределения и кинематический в реальном времени.

Для создания земельного кадастра региона Москвы и Московской области создается «Спутниковая система межевания земель», задачами которой являются определение координат опорных пунктов межевых сетей, поворотных точек границ административно-территориальных образований и земельных участков, объектов недвижимости, центров фотографирования при аэрофотосъемке местности, инвентаризация земель, создание кадастровых карт (планов) и формирование земельно-информационных систем в полевых условиях.

Основой системы является совокупность дифференциальных подсистем ГЛОНАСС/GPS, образованных 20 контрольными станциями и парком аппаратуры пользователей, которые управляются вычислительным центром (ВЦ). Система первого этапа включает 7 КС, расположенных в Москве, Сергиевом Посаде, Ногинске, Бронницах, Климовске, Звенигороде и Солнечногорске. КС должны быть связаны с ВЦ посредством быстродействующих выделенных каналов связи. Расстояния между

КС 50...70 км. Предусмотрены режимы работы в реальном времени и постобработки. ВЦ обрабатывает данные КС и формирует обобщенные поправки, которые передаются по радиоканалу потребителю, работающему в реальном времени. Точность (СКО) определения координат поворотных точек в такой системе составит 1...10 см.

Имеются и весьма специфические применения ЛДПС СРНС, например, для контроля за перемещением автомашин инкассаторов банка, такси, аэродромного транспорта и т.д.

Новый и весьма перспективный класс ДПС реализуется при объединении функций мобильной сотовой связи и определения местоположения за счет решения задач ККС и задач передачи корректирующей информации на базовых станциях.

В заключение отметим следующее:

- Создаваемые ШДПС в настоящее время находятся в стадии первоначальной готовности или на стадии проработок (НИР и ОКР).
- Ряд региональных ДПС успешно используется для обеспечения наблюдения, добычи и исследования природных ресурсов.
- Среди локальных ДПС наиболее проработаны морские и геодезические системы, которые широко используются по своему назначению.
- Проводятся НИР, ОКР и опытная эксплуатация авиационных ЛДПС посадки.
- Технические решения по созданию ДПС являются предметом стандартизации таких международных организаций, как ИКАО (SARPs), ИМО, ИТУ, EUROCAE, а также RTCM и RTCA.

Литература

1. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения. — М.: Эко-Трендз, 2003.
2. Haberer H., Schempp T., Bailey M. Performance Enhancements for the Next Phase of WAAS, ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, 21–24 Sept. 2004, Long Beach, CA.
3. Narins M.J. Wide Area Augmentation System (WAAS), NAV04 Conference, London, 10 November 2004.
4. Walter T., Enge P., Reddan P. Modernizing WAAS, ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, 21–24 Sept. 2004, Long Beach, CA.
5. Hougs S. EGNOS – Current Status & Future Plans, NAV04 Conference, London, 10 November 2004.
6. Lo, S., and Enge P., “Broadcasting Data from an SBAS Reference Network over Low Rate Broadcast Channels,” Proceedings of the International Symposium on Integration of LORAN-C/Eurofix and EGNOS/Galileo, March 2000.
7. Carroll K., Hawes A., et al. “Differential Loran-C,” ION NTM, January 2004.
8. <http://gps.faa.gov>
9. Peterson B.R., Johnson G., Stevens J. Feasible Architectures for Joint Precision Approach and Landing System (JPALS) for Land and Sea, ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, 21–24 Sept. 2004, Long Beach, CA.

ПРАКТИКА МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО СОГЛАСОВАНИЮ ЧАСТОТНЫХ ПРИСВОЕНИЙ ДЛЯ МОРСКИХ СРЕДСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ¹

С.П. Баринов, Б.И. Лобойко²

Излагаются вопросы истории и практики международного сотрудничества по согласованию частотных присвоений для морских средств функциональных дополнений глобальных навигационных спутниковых систем. Подчеркивается необходимость использования полученного опыта при внедрении аналогичных средств на внутренних водных путях России и СНГ.

PRACTICE OF INTERNATIONAL CO-OPERATION IN AGREEMENTS ON FREQUENCY ALLOCATIONS FOR MARINE-BASED AUGMENTATIONS FOR SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS

S.P. Barinov, B.I. Loboiko

The backgrounds and practice of international co-operation are laid down on agreeing frequency allocations for marine augmentations of satellite navigation systems. The necessity of using the acquired experience is emphasized in introducing similar aids in the inland waterways of Russia and the Commonwealth States.

Одним из важнейших направлений национальной политики России является обеспечение безопасности морской деятельности. Российским законодательством ответственность за навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО) морских путей в прибрежных водах (кроме Северного морского пути) возложена на Министерство обороны в лице Военно-Морского флота. Выполнение международных обязательств страны, решение оборонных и транспортных задач требует установки на российском побережье современных средств навигационного оборудования. Одной из основных составляющих системы НГО ВМФ являются радиотехнические средства навигационного оборудования (РТСНО). Качество их функционирования во многом зависит от оптимальности выбора частотно-территориального разнеса с другими радиотехническими средствами, от грамотной и последовательной международно-правовой защиты частотных присвоений отечественных РТСНО.

Порядок и правила использования радиочастотного спектра определяются Регламентом ра-

диосвязи, резолюциями Международного Союза Электросвязи (МСЭ), другими международными и национальными документами. В частности, «Региональное соглашение относительно планирования морской радионавигационной службы (радиомаяки) в Европейской морской зоне» («Regional Agreement Concerning the Planning of the Maritime Radionavigation Service (Radiobeacons) in the European Maritime Area»), подписанное представителями стран-членов МСЭ—на конференции в Женеве в 1985 году («RARC-EMA-85»), регулирует эти вопросы для средств навигации, функционирующих в полосе частот 283,5...315,0 кГц. На данной конференции было принято дополнение (примечание 466), позволяющее передавать через радиомаяк служебную навигационную информацию. В последнее десятилетие указанный диапазон частот стал очень популярным для трансляции потребителям дополнительной навигационной информации с использованием узкополосных методов модуляции радиосигнала, в том числе передачи поправок к сигналам глобальных навига-

¹ Доклад на семинаре «Создание и использование в СНГ функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем»

² С.П. Баринов и Б.И. Лобойко — сотрудники Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института Министерства обороны РФ.

ционных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США). В целях реализации этих функций на побережье вдоль основных международных морских путей различными странами было размещено более 200 дифференциальных станций, позволяющих определять пользователям координаты своего места с точностью 5–10 метров. Однако резкий рост числа этих объектов при ограниченном частотном ресурсе в полосе 283,5...315,0 кГц привел к возникновению взаимных помех, обусловленных ионосферным распространением радиоволн. Наиболее остро эта проблема проявилась в Европейской морской зоне, где основное предназначение многих из объектов РТСНО изменилось, а следовательно, их расположение и рабочие частоты не были больше оптимальными. Таким образом, уже к середине 90-х годов Женевский частотный план 1985 года перестал удовлетворять требованиям морских потребителей навигационной информации. Эти проблемы обсуждались на Всемирной радиоконференции в 1997 г., где решение было предложено найти путем технических консультаций в рамках Международной ассоциации маячных служб (МАМС).

Осенью 1998 года МАМС, являющаяся в мировом сообществе организацией-координатором по вопросам унификации, надежности и развития навигационного оборудования морских путей, с одобрения МСЭ организовала работу по подготовке проекта нового Частотного плана для Европейской морской зоны. С этой целью в штаб-квартире МАМС, в г. Сен-Жермен-эн-Лей (Франция) с 1 по 2 октября 1998 г. состоялось Совещание представителей национальных морских администраций и гидрографических служб. Каждая страна-участница представила национальные планы развития РТСНО на период до 2003 года. Активное участие в этой работе приняло Главное управление навигации и океанографии МО РФ (ГУНиО МО РФ), представляющее Российскую Федерацию в МАМС. Российская сторона представила материалы, подготовленные на основе «Межведомственной программы по созданию в России Морской дифференциальной подсистемы ГНСС ГЛОНАСС/GPS». Российский план с интересом был принят участниками Совещания. В ходе заседания представителю ГУНиО был задан ряд вопросов, связанных с развернутой на маяке «Шепелевский» и находящейся в опытной эксплуатации дифференциальной станцией ГНСС.

Основная трудность координации национальных планов заключалась в достижении необходимого частотно-территориального разнеса указанных средств при условии обеспечения требуемого перекрытия радионавигационных полей смежных дифференциальных станций. С докладом «Увеличе-

ние зоны радиомаячного покрытия в Европейском морском регионе при оптимизации частотного плана» на совещании выступил профессор Уэльского университета Дэвид Ласт. Участникам совещания были представлены результаты математического моделирования распространения сигналов, подтверждающие необходимость и возможность оптимизации частотных присвоений в диапазоне 283,5...315,0 кГц. При обсуждении доклада был определен перечень дополнительных исходных данных, которые следует представить национальным администрациям в МАМС для использования в предложенной Д. Ластом модели распространения. На заключительном этапе Совещания были рассмотрены График и Процедуры выполнения Частотного плана.

Консультации экспертов стран-членов МАМС по согласованию частот продолжались в течение двух лет. Все действия по частотному планированию осуществлялись в тесном взаимодействии с рабочими органами Европейской конференции почт и электросвязи (СЕРТ), в частности, рабочей группой управления спектром Европейского радиокomiteта (FM WG ERO). В ходе технического согласования проекта Плана за Российской Федерацией сохранены частотные присвоения морских и аэронавигационных радиомаяков, а также выделены частоты 15 станциям Морской дифференциальной подсистемы ГНСС ГЛОНАСС/GPS, планируемых к развертыванию в европейской части России. Частотные изменения в полосе радионавигации 283,5...315,0 кГц выполнялись в соответствии с порядком и процедурой, установленной документами «RARC-EMA-85». Новый Частотный план был введен в 00.00 часов 18 сентября 2001 года путем перманентного перевода соответствующих РТСНО Европейской морской зоны на согласованные рабочие частоты. Качественная подготовка гидрографических служб европейских стран к этому мероприятию позволила избежать негативных эксцессов и не создала предпосылок к срыву НГО морских путей.

В период с 6 по 10 сентября 2004 г. в Санкт-Петербурге состоялась 13-я сессия Совета Дальневосточной Радионавигационной Службы («Far East Radionavigation Service» — FERNS). В ней принимали участие представители Китайской Народной Республики, Японии, Республики Корея и Российской Федерации. В ходе проведения Сессии обсуждался широкий круг вопросов и проблем координации радионавигационных служб на Дальнем Востоке. Одним из них, вызвавшим определенную озабоченность у участников встречи, явился вопрос согласования частотных планов для дифференциальных станций ГНСС. В настоящее время в этом

регионе действует более 30 станций. Однако уже в ближайшие годы их число может увеличиться в 2...2,5 раза. Были высказаны опасения, что отсутствие координации на этапе планирования данных объектов приведет к появлению взаимных радиопомех в ходе реализации этих планов. Все участники встречи согласились предоставить 14-ой сессии Совета (к 01.09.2005 г.) информацию о введенных в эксплуатацию и о планируемых дифференциальных станциях ГНСС для принятия Частотного плана по Дальневосточной морской зоне. С российской стороны подготовка соответствующих документов выполняется экспертами Гидрографической службы ВМФ, т.к. вопросы планирования и эксплуатации

станций Морской дифференциальной подсистемы Российской Федерации находится в компетенции ГУНиО МО РФ. При этом существенную пользу им окажет опыт международной координации частотных присвоений РТСНО для Европейской морской зоны.

В связи с тем, что Минтранс России приступил к развертыванию дифференциальных станций на внутренних водных путях страны, соответствующие службы этого Министерства также должны выполнить необходимые организационно-технические мероприятия по национальному и международному согласованию Частотного плана для этих функциональных дополнений ГНСС.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОПОЛНЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ГЕОДЕЗИИ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ. СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ МЕЖЕВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ¹

В.В. Бойков, Е.С. Пересадыко²

В статье рассматриваются вопросы использования функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем в геодезии и землеустройстве посредством создания так называемых Спутниковых систем межевания земель или Систем высокоточного спутникового позиционирования. Такие системы создаются и уже используются в Москве и Московской области (проект «Москва»), а также в Северо-западном регионе (проект «Санкт-Петербург»).

USING SATELLITE RADIONAVIGATION SYSTEM AUGMENTATIONS IN GEODESY AND LAND UTILIZATION. SATELLITE LAND MARKING SYSTEMS

V.V. Boikov, Ye.S. Peresadko

The paper dwells upon the matters of using satellite radionavigation system augmentations in geodesy and land utilization through establishing Land marking satellite systems and Precise satellite positioning systems. Such systems are already being implemented and used in Moscow and Moscow District (Project "Moscow") and in the North-West region (Project "Saint-Petersburg").

В последнее время в геодезии и землеустройстве нашли широкое применение так называемые Спутниковые системы межевания земель (ССМЗ) или Системы высокоточного спутникового позиционирования. Основным назначением таких систем является координатное обеспечение созда-

ния и ведения государственного кадастра объектов недвижимости, в том числе инструментальное определение границ и площадей земельных участков граждан и юридических лиц, разграничение государственной собственности на землю, определение местоположения объектов недвижимо-

¹ Доклад на семинаре «Создание и использование в СНГ функциональных дополнений спутниковых радионавигационных систем»

² В.В. Бойков, Е.С. Пересадыко – сотрудники Центра спутниковых технологий ФГУП «Госкадастрсъемка».

ти. Она может быть использована также в строительстве, геодезии, прокладке дорог и других коммуникаций, мониторинге смещений грунтов и сооружений, в других сферах хозяйственной деятельности, где требуется высокая точность позиционирования (на уровне первых единиц сантиметров).

Одной из систем высокоточного спутникового позиционирования является Спутниковая система межевания земель г. Москвы и Московской области (проект «Москва»), которая внедрена в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.07.2001 г. №525 и Соглашением между Правительством РФ и Правительством Швейцарской Конфедерации от 30.03.2001 г.

Аппаратно-программные средства Спутниковой системы поставлены в основном швейцарской фирмой Leica Geosystems AG. Российская сторона обеспечила инфраструктуру, в том числе помещения и связь, подготовила обслуживающий персонал.

Спутниковая система реализует новую прогрессивную технологию, которая заключается в оборудовании обслуживаемой территории сетью постоянно действующих референчных станций (РС), обеспечивающих позиционирование пользователей в режиме реального (RTK) и отложенного (постпроцессинг) времени.

В качестве измерительных средств в данной системе используются КНС GPS и ГЛОНАСС.

Референчные станции (в количестве 22) расположены на территории г. Москвы и Московской области. Они осуществляют непрерывные спутниковые измерения и передачу измерительной информации в вычислительный центр. РС размещены на базовых станциях ОАО «Мобильные Теле-Системы».

Вычислительный центр (ВЦ) расположен в Москве на пр.-те Вернадского, 37/2. Он осуществляет прием спутниковой измерительной информации с референчных станций, вычисляет, формирует и передает пользователям корректирующую информацию в режиме реального времени.

Каналы связи предоставлены ОАО МТС, в том числе радиорелейные и волоконно-оптические для связи ВЦ с референчными станциями, GSM – для связи ВЦ с пользователями.

Приборный пул в составе 50 спутниковых приемников SR530 и 20 полевых компьютеров предназначен для сдачи в аренду пользователям.

Локальные вычислительные сети (ЛВС) предназначены для обмена информацией внутри Системы, вычисления координат точек в режиме постобработки.

В Спутниковой системе реализованы два режима:

реального времени – определение координат точки за 1 мин. измерений со среднеквадратической ошибкой (СКО) на уровне первых единиц сантиметров;

отложенного времени (постпроцессинг) – определение координат точки за время измерений 1 час и более с СКО 1 см и менее.

Технология работы Системы в кратком изложении заключается в следующем.

Спутниковая измерительная информация (кодовые и фазовые измерения на двух частотах) с референчных станций поступает в ВЦ на фиксированный момент времени (ежесекундно); далее выполняется сетевое (многостанционное) уравнивание, результатом которого является корректирующая модель, аппроксимирующая на обслуживаемой территории влияние различного рода погрешностей. Пользователь, работающий со спутниковым приемником в RT-режиме, получает из ВЦ по GSM-каналу корректирующую информацию, отнесенную к точке стояния его приемника (виртуальная станция). Используя свои измерения и корректирующую информацию, приемник пользователя вычисляет свои координаты. Весь цикл сетевого решения составляет 1 сек., а получение координат пользователя – менее 1 мин.

В пострежиме пользователь сам вычисляет координаты точек, используя измерительную информацию референчных станций, либо передает измерительную информацию Спутниковой системе, которая выполняет для него эту работу. В постпроцессинге связь осуществляется посредством Internet через FTP или WEB-серверы, а также курьером с внешними носителями информации.

Весь вычислительный процесс выполняется в системе координат WGS-84. Референчные станции привязаны к ней с ошибками менее 1 см. Периодически выполняется мониторинг положения фазовых центров антенн референчных станций. Пока смещений антенн не обнаружено.

Для взаимодействия пользователей со Спутниковой системой разработана типовая нормативно-техническая документация. Система может предоставлять пользователям услуги, номенклатура и стоимость которых приведены в таблице 1.

Спутниковая система прошла обширную производственную апробацию:

1. Осуществляется периодическая привязка (мониторинг) референчных станций к мировой системе координат ITRF (аналог WGS-84).

Уравнивание выполняется по программе Бернского университета (Bernese) и фирмы Leica

(SKI-Pro). Окончательная точность (СКО) положения референчных станций в системе ITRF составляет менее 1 см.

2. Проведена экспериментальная эксплуатация Системы в течение 6 месяцев. В ней приняли участие следующие организации: Ассоциация частных землемеров (ООО «Земресурс», ЗАО «Межевая коллегия»), ГУП Мосгоргеотрест, 29 НИИ МО, ЗАО «ПРИН».

Ими выполнено определение координат пунктов (точек), вынос объектов в натуру, другие работы. Основной вывод участников работы: Спутниковая система подтвердила свою работоспособность и заявленные характеристики по точности. Особенно эффективным признан режим реального времени.

3. Определены в системе WGS-84 координаты ~ 300 пунктов ГГС 1-3 классов на территории г. Москвы и Московской области, по ним вычислены параметры перехода от системы WGS-84 к СК-63.

Измерения выполнялись 20 приемниками SR530 в режимах статики (время измерений от 40 мин. до 7 ч.40 мин.) и RTK (время измерений < 1 мин.). В день отрабатывался один район (ареал). Соседние ареалы формировались с перекрытиями.

Перекрытия позволили оценить точностные возможности Спутниковой системы по двойным – тройным определениям. На пунктах с неблагоприятными условиями измерений (закрытый горизонт, другие помехи от препятствий) на открытой местности оборудовались точки выноса центров пунктов. Это позволило оценить точностные возможности Спутниковой системы в различных

Таблица 1. Услуги, предоставляемые Системой

№ п/п	Наименование услуги	Единица измерения	Цена с НДС (руб.)
1.	Аренда спутникового приемника SR530 в комплекте:		
1.1	для режима статики с постобработкой	сутки	1000
1.2	для режима реального времени	сутки	1200
2.	Предоставление режима реального времени для спутникового приемника:		
2.1	арендуемого в ССМЗ	1 мин.	10
2.2	принадлежащего пользователю	1 мин.	12
3.	Предоставление измерительной информации с одной РС:		
3.1	с дискретностью 1 сек	час. файл	250
3.2	с дискретностью 5 сек	час. файл	50
4.	Постобработка. Вычисление координат точек в системе WGS-84 по измерительной информации пользователя. Переход к другим системам координат при наличии параметров перехода.	точка	300
5.	Предоставление консультаций по работе со спутниковым приемником SR530 (30 часов):		
5.1	группы в составе 3-5 чел.	группа	20000
5.2	группы в составе 2 чел.	группа	17000
5.3	одного человека	человек	15000

Таблица 2. Ошибки положения определенных точек

Режим измерений	Из уравнивания по базовым линиям		По двойным–тройным измерениям – статика, из сравнения со статикой – RT	
	в плане (см)	по высоте (см)	в плане (см)	по высоте (см)
<u>Статика</u>				
пункты ГГС	0.6	0.8	0.6	1.4
точки выноса	0.2	0.3	0.4	0.8
<u>RT</u>				
пункты ГГС	1.4	2.4	2.0	2.9
точки выноса	1.2	2.0	1.9	2.8

условиях измерений. Одновременно со статикой (в начале и в конце) определялось положение точек в режиме реального времени. Это позволило оценить точность РТК по отклонениям от результатов в статике. Исходными при уравнивании сети служили референчные станции.

В таблице 2 приведены СКО положения определенных точек.

Таким образом, СКО положения точки в режиме статики при благоприятных условиях измерений составляет в плане и по высоте менее 1 см, при неблагоприятных условиях – до 1,5 см. СКО положения точки в РТК составляет около 3 см.

Еще раз подчеркнем, что оценка точности получена по двойным – тройным измерениям из сравнения со статикой, а не по внутренней сходимости.

Высокая точность координат пунктов в системе WGS-84 позволила оценить точность Государственной геодезической сети (ГГС) в СК-63. Для этого были получены параметры перехода от системы WGS-84 к СК-63.

В таблице 3 показана полученная нами обобщенная характеристика ГГС по точности.

В 2005 г. работы по определению координат пунктов ГГС в системе WGS-84 и выводу параметров перехода будут выполнены на всей территории Московской области. Но уже сегодня ясно, что СК-63 не может служить координатной основой межевания земель на уровне сантиметровой и дециметровой точности. Но СК-63 и любая другая система координат могут быть уточнены до уровня точности 1 см по измерениям Спутниковой системы.

Таблица 3. Обобщенная характеристика ГГС по точности

Интервал ошибок (см)	Количество пунктов
0-5	50%
5-10	34%
10-100	16%

Учитывая высокую точность Спутниковой системы, наличие сети постоянно действующих референчных станций, взаимное положение которых определено и поддерживается на уровне точности менее 1 см, Спутниковая система может быть использована в качестве образцового метрологического средства. Для этого не требуются технические мероприятия и финансовые вложения. Метрологическая проверка спутникового приемника может быть выполнена быстро и надежно в совместном сетевом решении с референчными станциями.

В настоящее время Спутниковая система межевания земель г. Москвы и Московской области работает в режиме опытно-производственной эксплуатации. Целью такой эксплуатации является окончательная отработка взаимодействия и технологии предоставления платных услуг широкому кругу пользователей.

Подобная система создана также в Северо-западном регионе (проект «Санкт-Петербург»). Она состоит из вычислительного центра и 12 референчных станций. В ближайшее время число РС будет доведено до 17.

Подробная информация о Спутниковых системах межевания земель приведена на сайте www.viskhagi.ru.

ФОРМАТ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В КАНАЛЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕМ МОДУЛЯЦИЮ РРМ ШЕСТИ ПОСЛЕДНИХ ИМПУЛЬСОВ В ПАЧКЕ СИГНАЛА ИФРНС

*А.В.Балов, В.С. Жолнеров, С. Н. Малюков, В.М. Царев, А.Е. Чоглоков
Российский институт радионавигации и времени, ФГУП НТИЦ «Интернавигация»*

При создании Интегральной Радионавигационной Системы (ИРНС), включающей РНС с наземным и космическим базированием, важной задачей является формирование канала передачи информации, использующего навигационный сигнал ИФРНС Loran-C/Чайка. В работе проводится выбор формата передачи данных на основе сравнительного анализа совокупности (вектора) показателей качества такого канала при различных форматах информационных сообщений в условиях воздействия распределенных шумов и перекрестных помех. В качестве показателей качества используются потери для радионавигационной функции, помехоустойчивость при воздействии распределенных шумов и перекрестной помехи, эффективная скорость передачи информации.

DATA TRANSMISSION FORMAT VIA A DATALINK USING PPM MODULATION OF THE SIX LAST PULSES IN THE PULSE PHASE RNS SIGNAL

A. Balov, V. Zholnerov, S. Maliukov, V. Tsarev, A. Choglokov

An important task in establishing an integrated radionavigation system combining ground- and space-based RNS is to build a data transmission link using Loran-C/Chayka pulse phase (PP) RNS navigation signal. The paper describes selection of the data transmission format through comparative analysis of the net (vector) quality factors of such a datalink for various formats of the messages in distributed noise and cross-interference. Loss of radionavigation function, immunity to distributed noise and cross-interference and efficient data rate are used as the quality factor.

Одним из путей совершенствования радионавигационных систем на современном этапе является реализация интегральной радионавигационной системы (ИРНС) [1,2], включающей РНС космического и наземного базирования. В рамках реализации такой системы важной проблемой становится формирование трактов передачи информации, использующих сигналы РНС с наземным базированием.

Применительно к импульсно-фазовым радионавигационным системам (ИФРНС) предлагается несколько вариантов решения данной задачи [3–11]. Из них наибольший интерес представляет система EUROFIX, в отношении которой проведены подробные теоретические исследования и широкая экспериментальная проверка, которая подтверждает полученные теоретические результаты.

В системе EUROFIX передача информации обеспечивается путем трехуровневой манипуляции (PPM) задержки (фазы) шести последних импульсов с нулевой суммой индексов модуляции в каждой пачке сигнала LORAN-C. Информационные сообщения передаются стандартными пакетами из 30 пачек сигнала LORAN-C, в каждом из которых восемь пачек занимает информация, две пачки – циклический корректирующий код (CRC) и двадцать пачек – корректирующий код Рида-Соломона.

Достоинства системы: простота реализации в современных НПС ИФРНС; высокая помехоустойчивость; относительно небольшие потери для реализации навигационной функции, обусловленные использованием радионавигационного сигнала для передачи информации.

Основной недостаток системы – низкая эффективная скорость передачи информации.

В настоящей работе в рамках единой методики проводится сравнительный анализ характеристик канала передачи информации, использующего модуляцию PRM шести последних импульсов в пакете сигнала ИФРНС Logan-C/Чайка, при различных форматах передачи сообщений.

Анализ основывается на следующих исходных посылках.

1. Согласно [12,13,14] доступность радионавигационных систем, в интересах которых функционирует ИРНС в составе СРНС-ИФРНС, должна быть не хуже $P_d \geq 0,999$. Канал передачи информации по радионавигационному тракту ИФРНС является одним из элементов такой системы. Соответственно, как показал ранее проведенный анализ [15], его доступность (вероятность правильной передачи информации) должна быть не хуже $P_{пр}(с) \geq 0,9999$.

2. Основным назначением такого канала является передача ККИ в региональной дифференциальной подсистеме СРНС. В этом случае основным документом, признанным мировым сообществом, является [16]. В нем рекомендовано обеспечивать скорость передачи информации не менее 50 бод. Следовательно, при максимальном периоде повторения пакетов импульсов сигнала ИФРНС $T_{п} = 100\text{мс}$ должно обеспечиваться $V_{эфф}(T_{п} = 100) \geq 50$ бод.

3. Информация по радионавигационному тракту ИФРНС должна передаваться при возможно меньших потерях для радионавигационной функции.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА

Условный критерий предпочтения.

Согласно [17,18,19] для выделения из множества возможных реализаций конкретной лучшей системы (оптимизации параметров системы) требуется, как правило, вводить условный критерий предпочтения (результатирующую целевую функцию)

$$\Phi_{ц} = f(k_1, \dots, k_n),$$

где $\Phi_{ц}$ – скалярная величина, $k_i = \phi_i(\Pi_i)$ – приведенные показатели качества системы, $\phi_i(\cdot)$ – однозначная монотонно возрастающая (убывающая) функция исходного параметра λ_i .

$\Phi_{ц}$ может быть выбрана в классе функций потерь (уменьшение соответствует повышению качества системы) или в классе функций полезности (увеличение соответствует повышению качества системы). Сформируем $\Phi_{ц}$ как функцию полезности вида

$$\Phi_{ц} = \prod_n K_i, \quad (1)$$

где K_i – приведенный исходный параметр, n – число учитываемых параметров.

Если рост λ_i соответствует повышению качества системы, то

$$K_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_{i0}}. \quad (2)$$

Если рост λ_i соответствует понижению качества системы, то

$$K_i = \frac{\lambda_{i0}}{\lambda_i}. \quad (3)$$

В обоих случаях в качестве λ_{i0} используется некоторое фиксированное значение параметра λ_i , выбор которого в общем случае может носить произвольный характер. Целесообразно при наличии в исходных требованиях к системе ограничений вида $\lambda_i \geq \lambda_{доп}$ или $\lambda_i \leq \lambda_{доп}$, в качестве λ_{i0} использовать указанные значения $\lambda_{доп}$.

Параметры, учитываемые при сравнительном анализе.

В данной работе проводится сравнительный анализ вариантов построения канала передачи информации, использующего модуляцию PRM шести последних импульсов в пакете сигнала ИФРНС Logan-C/Чайка, при различных форматах передачи сообщений. То есть сравниваемые варианты реализуются в рамках единой технологии аппаратного и программного обеспечения и отличаются друг от друга только константами и значениями глобальных и локальных переменных программного обеспечения. Это позволяет ограничить набор параметров, учитываемых при сравнительном анализе основными техническими характеристиками канала передачи информации: потери для радионавигационной функции, помехоустойчивость при воздействии распределенных шумов и перекрестной помехи, эффективная скорость передачи информации.

Потери для радионавигационной функции.

Потери для радионавигационной функции являются одним из основных ограничений при формировании соответствующего канала передачи информации. Они обуславливаются рядом причин. Основным фактором, определяющим величину этих потерь, является снижение крутизны в точке взятия отсчета радионавигационного параметра из-за временной (фазовой) манипуляции импульсов радионавигационного сигнала. Максимальное уменьшение эквивалентного отношения сигнал/шум для радионавигационной функции (с учетом влияния только данного фактора)

$$K_S = \frac{\text{MAX}_{A(\bullet)}}{A(\bullet)} \left(\frac{1}{8} \sum_{k=1}^6 \frac{1}{\cos \varphi_k} \right), \quad (4)$$

где $A(\bullet)$ – рабочий алфавит, используемый при передаче информации, ϕ_k – смещение за счет модуляции фазы несущей k -ого импульса в пакете сигнала ИФРНС.

В литературе, известной авторам, отсутствует определение допустимой величины K_s . Значение K_s представляет собой безразмерную величину <1 . В связи с этим в качестве приведенного параметра используем

$$K_s = K_s(i), \quad (5)$$

где $K_s(i)$ – уменьшение эквивалентного отношения сигнал/шум для радионавигационной функции при использовании i -ого формата передачи информации.

Помехоустойчивость канала передачи информации.

Канал передачи информации по радионавигационному тракту ИФРНС подвержен воздействию различных помех, основными из которых являются распределенные шумы и перекрестные помехи. Под распределенными шумами понимаются случайные шумы естественного и искусственного происхождения, мощность которых распределяется приблизительно равномерно как по времени, так и в рабочем частотном диапазоне. При учете их влияния на канал передачи информации можно в первом приближении использовать модель нормального распределения шума. Под перекрестной помехой понимается воздействие на рассматриваемый канал передачи информации сигналов станций ИФРНС, работающих на других периодах повторения. При этом помеха носит, в основном, детерминированный характер и для учета ее влияния на канал передачи информации необходимо использовать аппарат, существенно отличный от предыдущего случая.

Помехоустойчивость канала при воздействии распределенных шумов.

Согласно [20], с учетом метода поблочного декодирования [21] при использовании методов оптимального приема вероятность ошибки определения символа (слова) – $P_{i\eta}$ для случая различения двух фазоманипулированных символов

$$P_{i\eta} \leq 1 - \Phi \left(\sqrt{Q \sum_j^6 (1 - \cos \phi_{j\eta})} \right), \quad (6)$$

где Φ – интеграл вероятности, $\phi_{j\eta}$ – измеренная разность фаз элементов различаемых символов, Q – отношение сигнал/шум по мощности, j – порядковый номер элемента символа, i, η – порядковые номера различаемых символов (слов) в алфавите.

Соответственно вероятность ошибки P_i при приеме одного символа при m -символьном алфавите будет равна [22]

$$P_c = P_i = 1 - \prod_{i \neq \eta}^m (1 - P_{i\eta}), \quad (7)$$

где P_c – вероятность ошибки слова (символа) в сообщении.

Можно показать, что основной вклад в величину P_i вносят символы алфавита, отстоящие от проверяемого i -го на $d_\phi = 2\phi_m, 4\phi_m$. Это позволяет модифицировать (7)

$$P_c = P_i = 1 - (1 - P_{i\eta 2})^{\nu 2} \cdot (1 - P_{i\eta 4})^{\nu 4}, \quad (8)$$

где $P_{i\eta 2}$ и $P_{i\eta 4}$ – вероятность ошибки определения символа при различении двух фазоманипулированных символов с $d_\phi = 2\phi_m$ и $d_\phi = 4\phi_m$ соответственно, $\nu 2$ и $\nu 4$ – объемы подмассивов из общего объема алфавита, в которых η -ые символы отстоят от проверяемого i -го символа на $d_\phi = 2\phi_m$ и $d_\phi = 4\phi_m$ соответственно.

При приеме сообщений, содержащих корректирующие коды Рида-Соломона, будут исправлены все ошибочно принятые слова при условии, что число таких слов (кратность ошибок) не превышает [23,24].

$$K = \text{floor} \left(\frac{n - m}{2} \right) = \text{floor} \left(\frac{j}{2} \right), \quad (9)$$

где n – число слов в сообщении, m – число информационных слов, j – число слов корректирующего кода Рида-Соломона.

Тогда согласно [22] вероятность правильного приема сообщения при условии равновероятности ошибки приема каждого из слов (символов) сообщения ($P_i = P_\eta = P_c$).

$$P_{np}(q) = P_{np}(n, k) = (1 - P_c)^n + \sum_{i=1}^k C_n^i \cdot P_c^i (1 - P_c)^{n-i}, \quad (10)$$

где q – отношение сигнал/шум по напряжению,

$$C_n^i$$
 – число сочетаний без повторений.

Для корректного сравнения характеристик каналов, использующих разные форматы сообщений, необходимо учитывать, что при разных форматах в сообщении передается разный объем информации. Следовательно

$$P_{np}(q) = (P_{np}(c))^{1/z}, \quad (11)$$

где z – число сообщений, содержащих заданный объем информации, $P_{np}(c) \geq 0,9999$.

Обеспечение в канале передачи информации заданного $P_{np}(c)$ зависит от большого числа параметров: мощность излучения станции, расстояние до приемника, характеристики трассы распространения и т.д. При сравнительном анализе наиболее информативным для оценки помехоустойчивости канала, подверженного воздействию распределенных шумов, является использование параметра q

– отношения сигнал/шум, при котором обеспечивается выполнение условия $P_{np}(c) \geq 0,9999$ и которое определяется согласно (6) с учетом (7) – (11). В качестве нормирующей величины используем соответствующее значение q для случая использования формата EUROFIX. Соответственно для приведенного параметра получим

$$K_q = \frac{q(\text{Eurofix})}{q(i)}, \quad (12)$$

где $q(i)$ – соответствует использованию i -ого формата передачи информации.

Помехоустойчивость канала при воздействии перекрестной помехи.

При воздействии на рассматриваемый канал передачи информации перекрестной помехи от станций ИФРНС, работающих на других периодах повторения, параметры возникающих ошибок определяются в основном следующими тремя факторами:

соотношением периодов повторения рабочей и мешающей станций;

числом слов (символов) и мощностью корректирующего кода Рида-Соломона в выбранном формате сообщения;

отношением сигнал/помеха в точке приема информации.

Введем понятие $P_{ош} = M(T_i, T_j)$ – вероятность перекрытия сигналов от разных цепей ИФРНС с кратностью, превышающей мощность корректирующего кода Рида-Соломона в выбранном формате сообщения. T_i и T_j – периоды повторения в конкурирующих цепях ИФРНС. Для регионов, в которых находится более двух взаимно мешающих цепей ИФРНС

$$P_{ош} = \langle M(T_i, T_j) \rangle \quad (13)$$

по всем конкурирующим цепям.

Тогда

$$P_{np}(q) = 1 - P_{ош}(\text{п.п.}) \quad (14)$$

$$P_{ош}(\text{п.п.}) = P_{ош} P_c, \quad (15)$$

где P_c определена согласно (8).

Параметр $P_{ош}$, определенный в (13), – основной для определения устойчивости канала передачи информации к воздействию перекрестной помехи при использовании данного формата передачи информации. Кроме всего прочего, увеличение $P_{ош}$ приводит [15] к повышению вероятности формирования в рабочей зоне белых пятен, в пределах которых требования к $P_{np}(c)$ из-за взаимных перекрестных помех не выполняются при использовании для передачи информации сигналов как первой, так и второй из конкурирующих цепей ИФРНС.

Соответствующий приведенный параметр сформируем как

$$K_{н.п.} = \frac{1 - P_{ош}(i)}{1 - P_{ош}(\text{Eurofix})}, \quad (16)$$

где $P_{ош}(\text{Eurofix})$ и $P_{ош}(i)$ – соответствует использованию формата EUROFIX и i -ого формата передачи информации.

Эффективная скорость передачи информации.

$V_{эфф}$ – эффективная скорость передачи полезной информации при максимальном периоде повторения пачек импульсов сигнала ИФРНС $T_n = 100$ мс.

Для формирования приведенного параметра в качестве нормирующей величины используем оговоренное выше минимально допустимое значение $V_{эфф} = 50$ бод.

$$K_v = \frac{V_{эфф}(i)}{50}, \quad (17)$$

где $V_{эфф}(i)$ – соответствует использованию i -ого формата передачи информации.

Выше указывалось, что основным назначением рассматриваемого канала передачи данных является передача ККИ в региональной дифференциальной подсистеме СРНС. В связи с этим представляет интерес сравнительная оценка затрат времени на передачу одинаковых объемов ККИ при использовании различных форматов передачи данных. Для этого сформируем приведенный параметр

$$K_T = \frac{T_w(\text{Eurofix})}{T_w(i)}, \quad (18)$$

где $T_w(\bullet)$ – время, затрачиваемое на передачу ККИ объемом W при использовании соответствующего формата передачи информации.

Целевая функция.

Согласно (1), (5), (12), (16), (17) и (18) получим

$$\Phi_{uv} = (k_s \times k_q \times k_{н.п.} \times k_v), \quad (19)$$

или для случая передачи ККИ

$$\Phi_{uT} = (k_s \times k_q \times k_{н.п.} \times k_T). \quad (20)$$

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

В рамках сравнительного анализа было проведено рассмотрение характеристик каналов передачи информации, использующих формат EUROFIX, и ряда форматов, параметры которых приведены ниже.

В таблицах 1–2 приведены значения $P_{ош}$, определенной в (13). Значения получены по результатам

Таблица 1.

Eurofix M=30, K=20, полезная информация – 56 бит (ККИ по 1КА), $V_{эфф} \approx 18,7$ бод.					
	Russia	APR	CONUS	Europe	Global
$P_{ср}$	0,0160	0,0073	0,0091	0,0	0,0081
$P_{пр}$	0,984	0,9927	0,9909	1,0	0,9919
M=14, K=6, полезная информация – 56 бит (ККИ по 1КА), $V_{эфф} = 40$ бод					
$P_{ср}$	0,1791	0,0802	0,0944	0,0753	0,1073
$P_{пр}$	0,8209	0,9198	0,9056	0,9247	0,8927
M=26, K=6, полезная информация – 140 бит (ККИ по 3КА), $V_{эфф} \approx 53,85$ бод.					
$P_{ср}$	0,4066	0,3966	0,3631	0,4595	0,4065
$P_{пр}$	0,5934	0,6034	0,6369	0,5405	0,5935
M=34, K=8, полезная информация – 182 бит (ККИ по 4КА), $V_{эфф} \approx 53,53$ бод.					
$P_{ср}$	0,4320	0,4170	0,3750	0,4776	0,4254
$P_{пр}$	0,568	0,583	0,625	0,5224	0,5746
M=43, K=12, полезная информация – 217 бит (ККИ по 5КА), $V_{эфф} \approx 50,47$ бод.					
$P_{ср}$	0,4022	0,3600	0,3299	0,4439	0,3840
$P_{пр}$	0,5978	0,64	0,6701	0,5561	0,616

Таблица 2.

M=26, K=12, объем полезной информации – 140 бит (ККИ по 3КА), $V_{эфф} \approx 53,85$ бод.					
	Russia	APR	CONUS	Europe	Global
$P_{ср}$	0,1552	0,0544	0,0602	0,0261	0,0740
$P_{пр}$	0,8448	0,9456	0,9398	0,9739	0,926
M=34, K=16, объем полезной информации – 180 бит (ККИ по 4КА), $V_{эфф} \approx 52,94$ бод.					
$P_{ср}$	0,1428	0,0539	0,0585	0,0407	0,0740
$P_{пр}$	0,8572	0,9461	0,9415	0,9593	0,926
M=42, K=20, объем полезной информации – 220 бит (ККИ по 5КА), $V_{эфф} \approx 52,38$ бод.					
$P_{ср}$	0,1380	0,0442	0,0495	0,0233	0,0637
$P_{пр}$	0,862	0,9578	0,9505	0,9767	0,9363

моделирования с учетом данных по всем цепям ИФРНС, включенных в альманахы LORAN-C (Long Range Navigational Aids). При моделировании и оформлении результатов использовались следующие понятия и обозначения.

$P_i(T_1, T_2, M, K) = P_{ош}(i)$ – вероятность перекрытия сигналов ИФРНС с кратностью, превышающей мощность корректирующего кода,

$$i=1, \dots, I,$$

T_1, T_2 – периоды повторения пачек сигналов ИФРНС,

M – общее число слов в информационном сообщении,

K – число слов корректирующего кода Рида-Соломона в информационном сообщении,

$$P_{ср} = (1/I) \cdot \sum P_{ош}(i),$$

$P_{пр} = 1 - P_{ср}$ – вероятность исключения влияния перекрестной помехи на передачу информации.

Регионы: Russia – Россия, APR – Азиатско-тихоокеанский, CONUS – Канада-США, Europe – Европа, Global – по всем существующим цепям ИФРНС.

Передача информации по радионавигационному тракту ИФРНС при трехуровневой манипуляции.

Передача информации по радионавигационному тракту ИФРНС при пятиуровневой манипуляции.

В таблице 3 приведены рассчитанные в соответствии с (4) – (20) параметры канала передачи информации для соответствующих форматов. При этом использовались следующие понятия и обозначения.

H_s – потери для навигационной функции за счет снижения крутизны в точке отсчета навигационного параметра в дБ,

q – минимальное отношение сигнал/шум, при котором выполняется $P_{пр}(c) \geq 0,9999$,

$P_{ош}$ – вероятность перекрытия сигналов ИФРНС с кратностью, превышающей мощность корректирующего кода.

Таблица 3.

№ п/п	Формат	H_s	K_s	q	K_q	$P_{ош.}$	$K_{п.п.}$	$V_{эфф.}$	K_v	K_T	$\Phi_{и.в.}$	$\Phi_{и.т.}$
		дБ	раз	раз	дБ		раз	бод	раз	раз	раз	раз
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	M=30, K=20 Eurofix	0,671	0,925	1,813	1	0,008	1	18,7	0,374	1	0,346	0,925
трехуровневая PPM, $\Delta t=1,5$ мкс												
2	M=14, K=6	1,604	0,833	1,450	1,25	0,107	0,899	40	0,8	2,14	0,749	2,0
3	M=26, K=6			1,548	1,17	0,407	0,598	53,85	1,077	3,14	0,627	1,83
4	M=34, K=8			1,494	1,21	0,425	0,579	53,53	1,071	3,53	0,625	2,06
5	M=43, K=12			1,407	1,29	0,384	0,621	50,47	1,001	3,48	0,674	2,32
трехуровневая PPM, $\Delta t=1,0$ мкс												
6	M=26, K=6	0,671	0,925	2,273	0,798	0,407	0,598	53,85	1,077	3,14	0,476	1,39
7	M=34, K=8			2,194	0,826	0,425	0,579	53,53	1,071	3,53	0,473	1,56
8	M=43, K=12			2,067	0,877	0,384	0,621	50,47	1,001	3,48	0,509	1,75
пятиуровневая PPM, $\Delta t=1,0$ мкс												
9	M=26, K=12	1,355	0,856	1,972	0,919	0,074	0,934	53,85	1,077	3,14	0,791	2,31
10	M=34, K=16			1,881	0,964	0,074	0,934	52,94	1,059	3,53	0,816	2,72
11	M=42, K=20			1,863	0,973	0,064	0,944	52,38	1,048	3,57	0,823	2,81

Данные, приведенные в таблице 3, позволяют сделать следующие выводы.

1. Каналы передачи информации, использующие форматы EUROFIX и M=14, K=6, не обеспечивают выполнение требования $V_{эфф.} \geq 50$ бод.

2. Каналы передачи информации, обеспечивающие выполнение требования $V_{эфф.} \geq 50$ бод и основанные на использовании трехуровневой PPM, обладают пониженной помехоустойчивостью к воздействию перекрестной помехи.

3. Формат с пятиуровневой PPM при M=42 и K=20 обеспечивает максимальные значения $\Phi_{и.в.}$ и $\Phi_{и.т.}$. Использование данного формата при реализации канала передачи информации предпочтительно по совокупности показателей: потери для радионавигационной функции, помехоустойчивость при воздействии распределенных шумов и перекрестной помехи, эффективная скорость передачи информации.

Литература

1. Аргунов А.Д., Малюков С.Н., Матюшенко А.Д. и др. Интегральная радионавигационная система // Радиотехника, №9, 1998.
2. Малюков С.Н., Писарев С.Б., Столярова С.А., Хотин А.А. Перспективы интегральной радионавигационной системы // Радиотехника, №2, 1999.
3. Малюков С.Н. Анализ характеристик системы передачи информации, использующей навигационный сигнал ИФРНС // Радиопромышленность, вып.2, 1999.
4. Altmayer C. Improving availability and reliability of high accuracy integrated systems. IFAC Symposium on transportation systems 2000, Braunschweig, Germany, 15th July 2000.
5. Balov A., Abramov L., Hitrun G., Johannesen E., Marshall D. Broadcast of Eurofix/Chayka/Loran-Service from a Single Site// Int. Symp. On Integration of LORAN-C/Eurofix and EGNOS/Galileo, Bonn, Germany, 22 – 23 March 2000.
6. Jorgensen T.H., Hernes G.M., Aarmo R. The EUROFIX service in Europe – a Northwest Europe Loran Service // Proc. IAIN World Congress, San Diego, Cal., June 26-28, 2000.
7. Kügler D. Integration of GPS and Loran-C/CHAYKA: a European perspective. // Navigation (US), vol.46, №11999.
8. Lannelongue S., Levy J.C. [Alcatel Space Industries] EGNOS Performance at System CDR.// ION-GPS, Sept. 2002.
9. Offermans G.W.A., Helwig A.W.S., and Van Wiligen D. Eurofix System Overview: Differential GNSS and integrity service through LORAN-C// Int. Symp. on Integration of LORAN-C/Eurofix and EGNOS/Galileo, Bonn, Germany, 22 – 23 March 2000.
10. Peterson B., Dykstra K., Swaszek P., Boyer J., Carrol K., Narins M., Johannessen P. WAAS messages via LORAN Data Communications-Technical progress towards going operational.// ION NTM 2002, 28-30 January 2002, San Diego, CA.
11. Sherman C. Broadcasting GPS Integrity Information using LORAN-C// A Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. July 2002.
12. Российский радионавигационный план. – Москва 1998.
13. Federal Radionavigation Plan 2001, US DOD, US DOT.
14. Radionavigation Systems, 2001, US DOD, US DOT.
15. Балов А.В., Жолнеров В.С., Малюков С.Н., Чоглоков А.Е. Передача информации с использованием навигационного сигнала радионавигационных систем дальнего действия // Тр. Всероссийской НТК Фундаментальное и прикладное координатно-временное обеспечение (КВО-2005). – Санкт-Петербург, 11 – 15 апреля 2005г.
16. RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service. Version 2.2, January 3, 1996.
17. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств. – М.: Советское радио, 1975.
18. Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств. – М.: Радио и связь, 1986.
19. Юрлов Ф.Ф. Техничко-экономическая эффективность сложных радиоэлектронных систем. – М.: Советское радио, 1980.
20. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983.
21. Басс В.И., Зарубин С.П., Кичигин В.А., Ляшко В.Н. и др. Реализация интегрированной информационной системы с использованием передающих станций ИФРНС “Чайка” и результаты экспериментальных исследований информационного канала ИФРНС. – Сб. трудов НТК Глобальное планирование навигации // Интернавигация, 1997.
22. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Наука, 1986.
23. Берлекамп Э. Алгебраическая теория кодирования. – М.: Мир, 1978.
24. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. – М.: Мир, 1976.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ИСТОЧНИКА ПОМЕХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ АМПЛИТУДНЫМ ПЕЛЕНГАТОРОМ С НЕПОДВИЖНОЙ АНТЕННОЙ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ПЕРЕМЕЩАЮЩЕМСЯ НОСИТЕЛЕ

Ю.П. Мельников, С.В. Попов

В статье рассматриваются способы определения относительных координат источника помех амплитудным пеленгатором с неподвижной антенной, установленной на перемещающемся носителе. Способы основаны на обработке измерений амплитуд и моментов времени приема сигнала с учетом формы диаграммы направленности антенны пеленгатора.

RNS INTERFERENCE SOURCE POSITIONING BY AN AMPLITUDE DIRECTION FINDER WITH A FIXED ANTENNA MOUNTED ON A MOBILE CARRIER

Yu. P. Melnikov, S. V. Popov

The paper describes the methods of relative positioning of an interference source by an amplitude direction finder mounted on a moving vehicle. The methods are based on processing the measurements of signal amplitudes and reception instants with account of the direction finder antenna pattern

Определение относительных координат (пеленга и дальности) наземных источников радиопомех (ИРИ) с борта ЛА может представлять интерес как для самоопределения ЛА (при априорно известных координатах этих ИРИ), так и для выявления источников несанкционированных излучений, создающих помехи бортовым приемникам сигналов радионавигационных систем. Актуальность этих задач обуславливается, в частности, недостаточной устойчивостью функционирования систем глобального позиционирования (таких, как GPS) в условиях воздействия помех при работе в сложной радиотехнической обстановке и в возможных конфликтных ситуациях, что отмечается, например, в [1–3].

Местоопределение ИРИ с борта ЛА обычно производится либо триангуляционным методом по данным двукратного (или многократного) пеленгования ИРИ в боковом секторе обзора с последующим вычислением его координат [4,5], либо путем вывода ЛА в район нахождения ИРИ с помощью приводного устройства, определяющего текущее отклонение курса ЛА от направления на ИРИ [6,7]. Недостатком этих способов является значительное время определения координат ИРИ ввиду необхо-

димости пролета ЛА расстояния, соизмеримого с дальностью до ИРИ – в первом случае, и примерно равного этой дальности – во втором.

Однако в пеленгаторе бокового обзора с фиксированным положением лучей [4], которые формируются побортно расположенными неподвижными антеннами (например, линейками вибраторов), может быть реализован другой, более быстрый способ определения координат ИРИ, представляющий собой вариант кинематического метода нахождения (вычисления) дальности до цели R с борта движущегося со скоростью V ЛА как отношения тангенциальной скорости ЛА V_t к угловой скорости цели ω [8]

$$R = V_t / \omega, \quad (1)$$

где $V_t = V \cdot \sin \nu$, ν – курсовой угол цели, ω – угловая скорость, рад.

Величина угловой скорости цели ω в пеленгаторе с фиксированным положением луча может быть определена в результате измерения и обработки величин и скорости изменения уровней последовательно принимаемых сигналов в процессе прохождения луча через направление на ИРИ при движении ЛА, в частности, путем измерения интервала времени T между моментами приема сигналов

Величина угловой скорости цели ω в пеленгаторе с фиксированным положением луча может быть определена в результате измерения и обработки величин и скорости изменения уровней последовательно принимаемых сигналов в процессе прохождения луча через направление на ИРИ при движении ЛА, в частности, путем измерения интервала времени T между моментами приема сигналов с одинаковыми уровнями в начале и конце прохождения луча через источник, определения отношения уровней (амплитуд) этих сигналов A к максимальному наблюдавшемуся значению A_M ($\gamma=A/A_M$), вычисления по этим данным и априорно известным параметрам луча (форме и ширине по уровню половинной мощности $\theta_{0,5}$) величины сектора приема по относительному уровню "г" (θ_r) и нахождения угловой скорости как отношения

$$\omega = \theta_r / T_r, \quad (2)$$

где T_r – время прохождения луча по уровню "г" через ИРИ.

Параметры луча, т.е. диаграммы направленности антенны (ДНА) определяются распределением поля в раскрыве и его формой. Для прямолинейного синфазного раскрыва и наиболее просто реализуемого в линейке вибраторов равномерного распределения выражение для диаграммы направленности антенны ДНА имеет вид:

$$F_H(U) = \sin U / U, \quad (3)$$

где $U = (\pi L / \lambda) \sin \theta$, L – размер апертуры, λ – длина волны, θ – угол относительно нормали, являющейся в данном частном случае направлением главного лепестка ДНА.

Зависимость коэффициента усиления от угла $G(\theta)$ в пределах главного лепестка (ГЛ) ДНА удовлетворительно представляется приведенной в [9] тригонометрической аппроксимацией, которую можно записать как

$$G(\theta) = G_0 \cos^4(B\theta / \theta_{0,5}), \quad (4)$$

где G_0 – усиление в максимуме ГЛ ДНА, $\theta_{0,5}$ – ширина ГЛ по уровню половинной мощности, B – коэффициент, равный $65,53^\circ$.

Данная аппроксимация более точно соответствует форме ГЛ за пределами $\theta_{0,5}$, чем часто используемая и также приведенная в [9] колоколообразная аппроксимация:

$$G(\theta) = G_0 \exp[2,78(\theta / \theta_{0,5})^2] \quad (5)$$

Использование аппроксимации, например, тригонометрической, позволяет определить ширину ГЛ по уровню $\gamma = A/A_M$ как:

$$\theta_r = 2 \frac{\theta_{0,5}}{B} \cdot \arccos \sqrt{\gamma} \quad (6)$$

Величины амплитуд обрабатываемых сигналов в пределах главного лепестка ДНА (A и A_M) пропорциональны корням квадратным из мощности принимаемых сигналов ИРИ.

Результирующее выражение для определения дальности до ИРИ с учетом (1), (2) и (6) может быть записано в виде:

$$R = VT_r \frac{B \cdot \sin \vartheta}{2\theta_{0,5} \cdot \arccos \sqrt{\gamma}} \quad (7)$$

В изложенной методике угловая скорость определяется в результате обработки измерений амплитуд и моментов времени приема сигнала ИРИ в максимуме главного лепестка ДНА и в расположенных по обе стороны от максимума точках с фиксацией моментов равенства амплитуд в этих точках, для чего требуется непрерывное отслеживание данных измерений амплитуды и сравнение их с предыдущими в течение всего прохождения луча через направление на источник. Возможен более простой способ приближенной оценки угловой скорости путем обработки только трех последовательных измерений амплитуды сигнала A_1, A_2, A_3 на одном из скатов главного лепестка, выполняемых через одинаковые интервалы времени Δt . При этом величина угловой скорости находится

$$\omega \cong \frac{\theta_{0,5}}{B \cdot \Delta t} \cdot \arccos \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{A_1}{A_2}} + \sqrt{\frac{A_3}{A_2}} \right) \quad (8)$$

$$\text{или } \omega \cong 0,6 \frac{\theta_{0,5}}{\Delta t} \sqrt{\ln \frac{A_2^2}{A_1 \cdot A_3}} \quad (9)$$

для тригонометрической и колоколообразной аппроксимации главного лепестка ДНА соответственно.

Формулы (8) и (9) получены на основе приближенного допущения, что двум равным смежным отрезкам прямолинейного пути ЛА $V \cdot \Delta t$, малым по отношению к дальности до источника, соответствуют одинаковые изменения ее курсового угла δ , что наряду с неизбежной неточностью аппроксимации обуславливает приближенный характер определяемой величины ω . Кроме того, при вычислении дальности с использованием получаемых таким образом данных об угловой скорости возникает дополнительная погрешность за счет наличия отклонения направления на ИРИ во время измерения амплитуд на том или другом скате луча главного лепестка от середины этого луча, расположенного под фиксированным углом φ относительно продольной оси носителя. Значение курсового угла цели ν в момент третьего измерения амплитуды сигнала (A_3) может быть представлено как

$$\text{где } \delta = \frac{\theta_{0,5} \nu_3}{B} = \varphi + \frac{\theta_{0,5}}{2} \left(\sqrt{\frac{A_1}{A_2}} + \sqrt{\frac{A_3}{A_2}} \right) \quad (10)$$

при тригонометрической

$$\delta = 0,6\theta_{0,5} \sqrt{\ln \frac{A_2^2}{A_1 \cdot A_3}}$$

или при колоколообразной аппроксимации формы главного лепестка соответственно, а величина отклонения направления на цель от оси луча в момент первого измерения вычисляется по формулам соответственно (11) или (12):

$$\theta_1 = \frac{\theta_{0,5}}{B} \arctg \frac{\sqrt{A_1/A_2} + \sqrt{A_3/A_2} - 2\sqrt{A_2/A_1}}{2 \sin B\delta / \theta_{0,5}} \quad (11)$$

$$\theta_1 = \frac{\theta_{0,5}^2}{4k\delta} \cdot \ln \frac{A_1}{A_3} - \delta, \quad (12)$$

где $k=1,388$.

Результаты вычислений по формулам, основанным на разных аппроксимациях, естественно, несколько различны. Для иллюстрации степени этого различия и порядка величины погрешности, обусловленной приближенным характером используемых формульных выражений, приведем численный пример. Бортовым пеленгатором с фиксированным лучом шириной $\theta_{0,5}=7^\circ$, направленным под углом $\varphi=60^\circ$ к продольной оси самолета, движущегося со скоростью $V=0,25$ км/сек., через одинаковые интервалы времени $\Delta t=16$ сек. произведено три измерения амплитуд сигнала A_1, A_2, A_3 , отношения которых между собой составляют $A_1/A_2=0,744$ и $A_2/A_3=0,81$. Расчеты по вышеприведенным формулам дают следующие результаты:

$\delta=0,9943^\circ$, $\omega=0,062144^\circ/\text{сек.}$, $\theta_1=5^\circ$, $v_3=56,985^\circ$, $R=193,28$ км
и $\delta=1,2245^\circ$, $\omega=0,076528^\circ/\text{сек.}$, $\theta_1=4,875^\circ$, $v_3=57,574^\circ$, $R=158$ км

при использовании тригонометрической и колоколообразной аппроксимаций, соответственно. Принятые здесь за истинные, рассчитанные по геометрическим соотношениям значения разностей курсовых углов и других величин для трех последовательных моментов измерений и соответствующих им временных интервалов составляют: $\delta_{12}=1,037^\circ$, $\delta_{23}=1,0629^\circ$, $\omega_{12}=0,06481^\circ/\text{сек.}$, $\omega_{23}=0,06643^\circ/\text{сек.}$, $\theta_1=-4,9^\circ$, $v_3=57,2^\circ$, $R_1=183,52$ км, $R_2=181,26$ км, $R_3=179,06$ км.

Как видно, использование тригонометрической аппроксимации дает несколько меньшие расхождения в оценках дальности по сравнению с истинной. Однако усреднение результатов, получаемых при разных аппроксимациях, позволяет в условиях данного примера получить более точное значение дальности на момент третьего измерения $R_{\text{ср}} \approx 176$ км. Заметим, что реальная диаграмма направленности антенны из-за различных дестабилизирующих факторов отличается от (3) и ее аппроксимаций (4), (5). Тем не менее, в силу того, что эти отличия могут быть предварительно измерены и учтены при обработке (по аналогии со «списанием» девиации), метод позволяет рассчитывать на значительное увеличение быстродействия по сравнению с методами [6] и [7] при сохранении требуемой точности.

Для повышения точности определения координат ИРИ можно производить также совместную обработку и весовое усреднение результатов ряда последовательных измерений амплитуд сигналов на обоих скатах главного лепестка диаграммы направленности антенны и соответствующих вычислений угловой скорости источника излучения по разным вариантам изложенной в статье методики.

Литература

1. Рязанов С.Н., Фатеев В.Ф. Методы и средства автономной навигации космических аппаратов. Зарубежная радиоэлектроника, 1991, № 6.
2. Жолнеров В.С., Зарубин С.П., Писарев С.Б., Царев В.М. Уязвимость спутниковых навигационных систем при воздействии непреднамеренных и преднамеренных помех и перспективы повышения надежности координатно-временного обеспечения. Новости навигации. – М.: НТЦ «Интернавигация» и РОИН, 2004, № 1.
3. Гапионок А.В., Катенин В.А., Катенин А.В., Меркушев Н.С. Опыт боевого использования спутниковых навигационных систем второго поколения в современных войнах. – Морская радиоэлектроника, 2004, № 1 (7).
4. Шлезингер Р.Дж. Радиоэлектронная война. Перевод с англ. под ред. А.М. Пархоменко. – М.: Воениздат, 1963.
5. Мельников Ю.П. Методы оценки эффективности воздушной радиотехнической разведки. – С-Пб.: Нестор, 1998.
6. Техника сверхвысоких частот. Перевод с англ. под ред. проф. Я.Н. Фельда. Кн. 1. – М.: Сов. Радио, 1952.
7. Woika J.L. An experimental airborne RFI location system for use with FAA flight inspection aircraft, Techn. Papers 11th Annual East. Coast Conf. Aerospace and Navigat. Electron., Baltimore, Md, 1964, N.Y., IEEE, 1964.
8. Дрогалин В.В., Дудник П.И. и др. Определение координат и параметров движения источников радионизлучений по угломерным данным в однопозиционных бортовых радиолокационных системах. Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники, 2002, № 3.
9. Виноградов Е.М., Винокуров В.И., Харченко И.П. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. – Л.: Судостроение, 1986.

К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ И РАЗРЕШЕНИИ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ

В.Д. Шаров¹

Разрешающая способность данных, не соответствующая достигнутой и/или требуемой точности аэронавигационных данных, может существенно ухудшить их качество. Предлагаются два способа расчета влияния разрешения на точность: аналитический и модельный, которые позволяют оценить снижение точности местоположения в принятом ИКАО численном выражении.

ON THE ACCURACY OF AERONAVIGATION DATA RESOLUTION

V.D. Sharov

Data resolution that does not correspond to the achieved and/or required accuracy of aeronavigation information can significantly decrease their quality. Two methods are proposed, analytical and model ones, to calculate resolution contribution in accuracy that permit to evaluate position accuracy deterioration in the adopted ICAO numerical expression.

Как известно, невыполнение в РФ и странах СНГ части требований стандартов ИКАО в области аэронавигационной информации (Приложения 4, 11, 14 и 15) приводит к тому, что потребители получают аэронавигационные данные (АНД) низкого качества.

Для примера на рис.1 приведены траектории движения ВС на этапах руления, взлета и посадки по данным GPS-приемника на фоне опубликованных кроков аэродрома Толмачево (данные Д. Дрягина, ЗАО Транзас).

Новосибирск – Толмачево

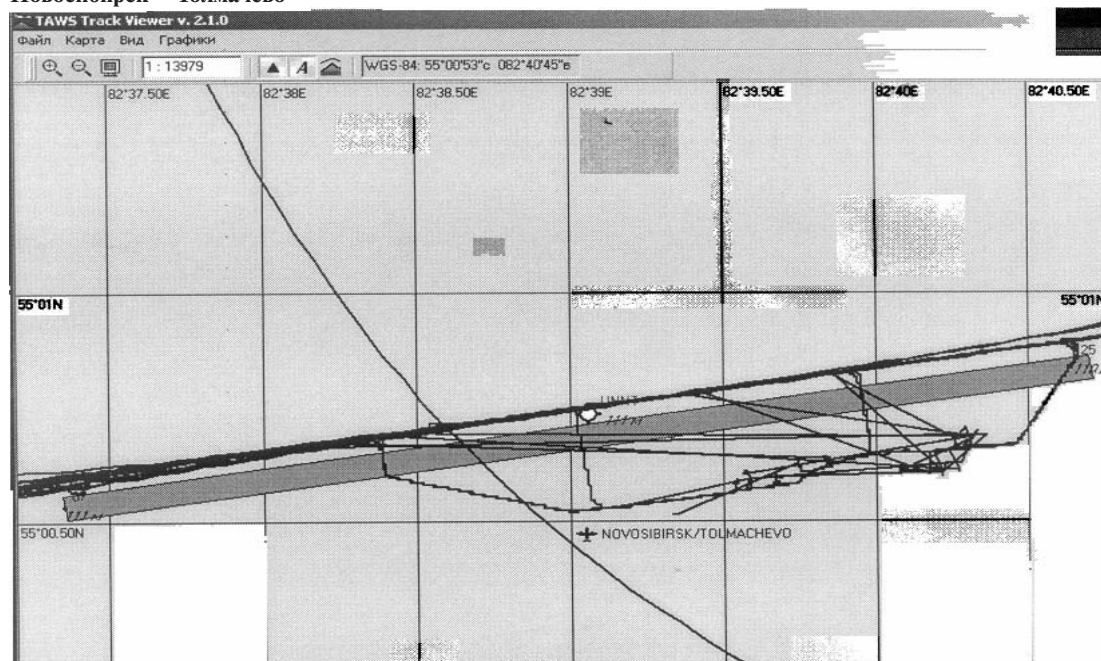


Рис. 1. Фактические треки ВС и опубликованное расположение ВПП

¹ В.Д. Шаров - к. т. н., главный специалист Межгосударственного авиационного комитета

Принимая во внимание высокую точность координат СНС, большое количество обработанных полетов и незначительный разброс зафиксированных линий пути на ВПП, можно считать, что область сгущения этих линий определяет фактическое расположение ВПП, а опубликованные данные содержат ошибку. Ошибка имеет несколько составляющих, но можно показать, что основным ее источником являются ограничения при публикации. Оценить влияние этих ограничений на качество АНД позволяют предлагаемые методы определения зависимости между двумя характеристиками качества: разрешением и точностью.

Известно, что показателями точности, как степени соответствия измеренного или вычисленного значения величины ее истинному значению, могут быть статистические характеристики погрешностей. Точность местоположения ИКАО определяется радиусом круга r с центром в точке с измеренными координатами, в пределах которого с вероятностью 0,95 находится истинное положение объекта. В документах по геосъемке точность характеризуется величиной 95% доверительного интервала по координатам [1]. В навигации используются σ – среднеквадратическая погрешность по координатам (СКП) и радиальная среднеквадратическая погрешность, определяемая как $\sigma_r = \sigma\sqrt{2}$. Вместе с тем, часто говорят о «разрешенной точности публикации координат», считается, что она равна 30 м, при этом непонятно, что это: доверительный интервал, σ , или σ_r .

На самом деле государственные документы устанавливают статус координатной информации, но не требования к точности. Известно, что координаты, определенные с точностью 30 м и точнее, отнесены к закрытой, а определенные с точностью грубее 30 м и до 100 м – к служебной информации. Современная геосъемка определяет координаты с дециметровой точностью и для выполнения указанного требования их необходимо «ухудшить», что и делается за счет округления при публикации. Уровень округления данных по существу является другой важной характеристикой качества АНД – разрешением. Выражение «разрешенная точность публикации», смешивая эти две характеристики, является некорректным с точки зрения принятой в ИКАО терминологии.

Оценим точность координат объекта, которой располагает потребитель отечественной АНИ в принятом ИКАО численном выражении. При установленном в АИП РФ разрешении 0,1 мин. погрешность округления по координатам можно рассматривать [2] как случайную величину, равномерно распределенную в интервале $(-0,05; +0,05)$ угл. мин., СКП по координатам:

$$\sigma_\varphi = \sigma_\lambda = \frac{0,05 - (-0,05)}{2\sqrt{3}} = 0,029 \text{ угл. мин.}$$

Отметим, что в [3] аналогичный (до 0,001 угл. мин.) результат получен из предположения о распределении, несколько отличном от равномерного.

Задача может решаться аналитически и статистическим моделированием.

Для аналитической оценки определим радиус круга вероятности 95% в плоской ортогональной системе координат (x, y) с центром в измеренном значении и осями, ориентированными по параллели и меридиану (рис. 2), x – линейная погрешность округления по долготе, y – по широте.

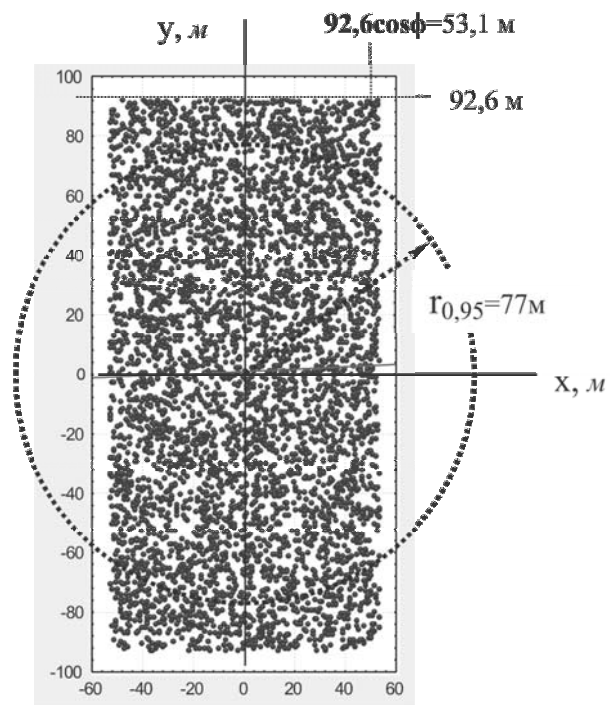


Рис. 2. Погрешности округления и радиус круга 95% вероятности для $\varphi=55^\circ$

Случайные величины x и y распределены в интервалах (метры):

$$\Delta y = \pm 0,05 \times 1852 = \pm 92,6 ; \quad \Delta x = \pm 92,6 \cos \varphi .$$

Функции распределения независимых случайных величин:

$$f(y) = \frac{1}{92,6 - (-92,6)} = 0,0054$$

$$f(x) = \frac{0,0054}{\cos \varphi}$$

$$f(x, y) = f(x)f(y) = \frac{2,92 \times 10^{-5}}{\cos \varphi}$$

СКП в метрах: $\sigma_y = 0,029 \times 1852 = 53,46$
 $\sigma_x = 53,46 \cos \varphi$ (1)

Вероятность P_r попадания случайной точки в круг радиуса r

$$P_r = 4 \int_0^r \int_0^{\sqrt{r^2-x^2}} f(x, y) dx dy$$

После интегрирования имеем:

$$P_r = 2,91 \times 10^{-5} \frac{r^2 \pi}{\cos \varphi}$$

откуда для $P_r=0,95$ $r = \sqrt{\frac{0,95 \cos \varphi}{2,92 \times 10^{-5} \pi}}$ (2)

Графики, рассчитанные по формулам (1) и (2), приведены на рис. 3.

При моделировании случайным величинам x и y присваивались значения:

$x_i = 1852(-R/10)\cos\varphi$, $y_i = 1852(-R/10)$ для $R < 0,5$;
 $x_i = 1852(0,1-R/10)\cos\varphi$, $y_i = 1852(0,1-R/10)$ для $R \geq 0,5$,
 где $0 \leq R \leq 1$ – случайные числа.

Были проанализированы пять выборок по пять тысяч пар погрешностей. Одна из выборок представлена на рис. 2. Значения СКП хорошо совпали с (1).

Далее рассчитывались радиальные отклонения случайных точек

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$$

Искомое $r\text{-мод}$ определялось как значение квантили порядка 0,95 массивов данных r_i для разных φ . Результаты также представлены на рис. 3.

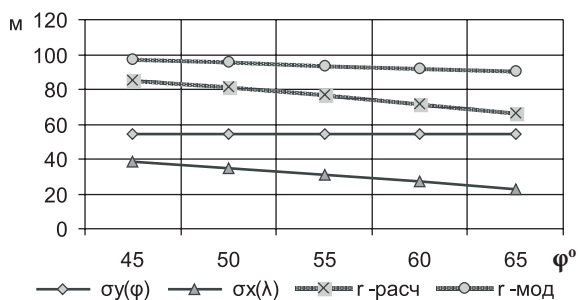


Рис. 3. Характеристики погрешности при уровне разрешения РФ (0,1 угл. мин.)

Для сравнения на рис. 4 приведены аналогичные характеристики для уровня разрешения в соответствии со стандартом ИКАО.

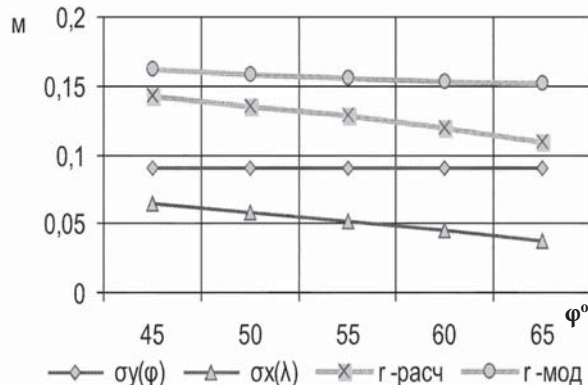


Рис. 4. Характеристики погрешности при уровне разрешения ИКАО (0,01 угл. с.)

Очевидна условность аналитической оценки: площадь круга рассчитанного радиуса составляет 95% площади области распределения случайных величин, но круг выходит за ее границы, следовательно, оценка радиуса занижена.

Оценка, полученная моделированием, представляется более обоснованной и дает основание утверждать, что точность АНД, доступная для пользователей информации АИП РФ, составляет не 30 м, а 80...100 м, т.е. для торца ВПП, например, в 80...100 раз превышает требования ИКАО. Напротив, дополнительная погрешность при использовании уровня разрешения ИКАО не превосходит 0,2 м и не оказывает заметного влияния на точность координат.

Предлагаемый способ оценки влияния уменьшения разрешения координат на точность местоположения статистическим моделированием применим для любого разрешения и может использоваться для удовлетворения одного из требований к процедурам обработки данных (КТ-200А. Обработка аэронавигационных данных, п.2.4.1-8).

Очевидным выводом является также то, что с использованием штатного навигационного оборудования экипаж при многократных полетах на аэродром может получить координаты ВПП и других объектов с гораздо более высокой точностью, чем в официальных публикациях. Это может иметь и негативные последствия: возможно использование экипажем в полете не данных сборников АНИ, а своих записей. При этом, разумеется, не выполняются требования по другим важным характеристикам качества АНД: целостности, своевременности и полноте.

Литература

1. Методические рекомендации по проведению геодезической съемки АНО на гражданских аэродромах и воздушных трассах России. Приложение к распоряжению Минтранса России № КР-14-р от 04.04.03 г.
2. Справочник по теории вероятностей и математической статистике/ Сост.: В.С. Королюк и др. – М.: Наука, 1985. – 640 с.
3. Гавьшин В.Н. и др. Применение методов математической статистики в авиационной практике. – М.: Транспорт, 1993. – 191 с.

**БЮЛЛЕТЕНЬ «НАША ПОЗИЦИЯ»
ФИРМЫ «ЛОКУС ИНК.» (США)
ИЮЛЬ 2005 г.**

**DIGEST OF THE NEWSLETTER "OUR POSITION" OF LOCUS, INC.,
JULY, 2005**

Успех совещания в Париже

Как было объявлено в июньском выпуске бюллетеня, правительство Франции провело в Париже 1 июля с.г. совещание под названием «День информации – ГНСС/«Лоран». Выступали представители Франции, Великобритании, Японии, Германии, Нидерландов и США. Преобладали две темы:

1. Системы ГНСС (например, GPS и Галилео) уязвимы и эту уязвимость нельзя полностью преодолеть.

2. Современная система «Лоран» может очень хорошо работать в качестве поддержки ГНСС во многих приложениях, по сути «Лоран» – единственная система, обладающая в этом смысле всеми необходимыми возможностями.

На совещании присутствовали представители правительств и промышленности Японии, США, европейских стран. В ближайшее время предполагается выпуск материалов «Дня информации». Фирма «Локус» выразила благодарность Франции за спонсорскую поддержку совещания и за активную поддержку системы «Лоран».

«Лоран» успешно работала во время недавних экспериментов с GPS

Правительство США недавно провело расширенные испытания по постановке преднамеренных помех GPS (под названием Jamfest III) в штате Нью-Мехико, в ходе которых Центр Волпе Министерства транспорта США провел испытания системы «Е-Лоран» (Enhanced Loran). Один из авторов известного доклада об уязвимости GPS д-р Джим Керолл сделал на Дне информации в Париже доклад под названием «Если мы потеряем ГНСС, станет ли «Е-Лоран» ответом?». Он сообщил, что в ходе испытаний Jamfest III в условиях интенсивных активных помех не было отмечено никаких заметных ухудшений рабочих характеристик «Лоран». Аналогичный доклад был сделан на последнем совещании Института навигации США (ION).

США продолжают финансирование модернизации «Лоран»

На начальном этапе подготовки бюджета на 2006 финансовый год Палата представителей и Сенат независимо голосуют за уровни финансирования. 30 июня с.г. Палата представителей одобрила проект бюджета Министерства транспорта и Федерального авиационного управления, в котором на продолжение программы модернизации «Лоран» предусмотрено 25 млн. долларов. Комитет по торговле Сената также выделил 25 млн. долларов на переоснащение «Лоран» в 2006 и 2007 гг. Окончательная сумма определится в ходе дискуссий между Палатой, Сенатом и Администрацией, однако ясно одно: в Конгрессе США есть сильная поддержка «Лоран» и модернизация «Лоран» в 2006 г. будет профинансирована.

3-й Международный форум института ИЕЕ по синхронизации телекоммуникаций

Этот Форум института инженеров-электриков – новое важное событие, в ходе которого представители правительств и промышленности многих стран обсудят потребности в сфере обеспечения времени и частоты. Он состоится в Лондоне 17-19 октября с.г. Первая конференция обещает быть особенно интересной: сейчас новая станция «Лоран» в Рагби (Rugby) в Великобритании круглосуточно работает под контролем французского центра в Бресте. Среди организаций, которые весьма заинтересованы в использовании «Лоран» для синхронизации времени и частоты, – одна большая компания British Telecom и Национальная физическая лаборатория Великобритании.

США готовы к испытаниям работы «Лоран» с Еврофикс и контролем по времени излучения

БО США объявила, что в ближайшем будущем она начнет испытания по излучению сигнала с контролем по времени излучения (Time of Transmission, TOT) и с новым 9-м импульсом. Это основные

составляющие новой системы «Е-Лоран», разрабатываемой в США в настоящее время. В Европе и Саудовской Аравии уже есть аналогичная система – Еврофикс, которая сейчас изучается и в Азии.

В статье о «Лоран» рассмотрены все вопросы финансирования и поддержки системы

Бюллетень ссылается на публикацию в журнале «Международные авиационные новости», в июльском выпуске которого в заметке «Межведомственные дебаты по финансированию могут задержать прогресс в вопросах «Лоран» автор Джон Шлезингер отмечает появление четырех новых групп поддержки «Лоран»: это Конгресс США, правительство Франции, телекоммуникационная промышленность и Национальная ассоциация диспетчеров УВД. Как уже упоминалось выше, Конгресс планирует финансирование модернизации «Лоран», а во Франции с успехом прошел «День информации ГНСС/«Лоран». На нем был представлен отчет об исследованиях, проведенных при подготовке Европейского радионавигационного плана, которые показали, что из 137 областей применения GPS «...менее 40 останутся действующими в случае отказа GPS и его функциональных дополнений». Американские, европейские и азиатские фирмы должны продемонстрировать гибридные системы GPS/«Лоран», которые автоматически переключаются на «Лоран» при отказе GPS. Что касается телекоммуникаций, многие ведущие фирмы отмечают, что «Е-Лоран» отвечает требованиям стандартов на синхронизацию по частоте и соответствует требованиям промышленности по точности времени, поэтому может в будущем стать полноценной поддержкой для GPS. Система «Е-Лоран» может, по мнению Национальной ассоциации диспетчеров УВД, стать более экономически выгодным средством поддержки GPS, чем системы VOR.

Однако теперь, когда завершена многолетняя программа модернизации «Лоран», идет борьба между Федеральным авиационным управлением (ФАУ) и Береговой охраной (БО) США о финансировании эксплуатации системы. Ранее обе организации входили в состав Министерства транспорта, теперь же БО переведена в ведение Министерства внутренней безопасности, и борьба между ведомствами затянулась. А тем временем, сетует автор, США могут потерять свою лидирующую роль на международном рынке.

**СЕНТЯБРЬ 2005 г.
SEPTEMBER 2005**

Все передающие станции модернизированы до уровня «Е-Лоран»

С июля с.г. все 18 передающих станций в континентальной части США готовы работать как «Е-Лоран». Теперь эти твердотельные передатчики оснащены новыми устройствами контроля времени и частоты, которые осуществляют жесткую привязку к времени UTC, введен контроль по времени излучения (TOT) и передается 9-й импульс. В ближайшее время планируется начать испытания на ряде станций с 9-м импульсом, позднее на других станциях пройдут испытания контроля по TOT.

Доклады об исследовании «Лоран»

В августе с.г. на совещании Ассоциации точного времени (США) и на Симпозиуме по контролю частоты в Ванкувере, Британская Колумбия, были доложены результаты недавних исследований по использованию «Лоран» для синхронизации, которые проводились совместно фирмой «Локус Инк.», Обсерваторией ВМС США, Исследовательской лабораторией ВМС и корпорацией «Timing Solutions». В исследовании проводилось сравнение временных характеристик «Лоран» и GPS по базису 120 миль. Полученные с помощью «Лоран» результаты обнадеживают: при использовании шести разных передающих станций стандартное отклонение составило менее 30 наносекунд. Эти цифры сопоставимы с данными для GPS и отвечают требованиям потребителя точного времени (среднеквадратичный порог синхронизации по UTC лучше 100 нс.).

Использование «Лоран» для дальней связи

Как сообщалось в предыдущих выпусках бюллетеня, недавно фирма «Локус» провела исследования по применению «Лоран» для дальней связи в помещениях. Испытания проводились в течение 24 часов, антенна Н-поля находилась в небольшом офисном здании далеко от окон, а приемник был засинхронизирован с передатчиком на расстоянии 500 миль. По предварительным данным, рабочие характеристики «Лоран» в помещении отвечают стандартам по максимальной ошибке временного интервала и по девиации времени для цифрового сигнала первого уровня ANSI. Поскольку испытываемый приемник был снабжен дешевым генератором с температурным контролем, ожидается, что с генератором более высокого качества результаты будут лучше. В бли-

жайшее время фирма «Локус» продолжит исследования характеристик «Лоран» в помещениях в более сложных условиях.

Совет командиров полигонов выступил за «Лоран»

Совет командиров тренировочных и ракетных полигонов выступил в поддержку «Е-Лоран» в качестве резерва для GPS в службе времени на полигонах. Как сообщалось в июльском выпуске бюллетеня «Наша позиция», Центр Волпе Министерства транспорта США проверил работу системы «Е-Лоран» во время испытаний по постановке помех GPS (Jamfest III). В условиях интенсивных активных помех не было отмечено никаких ухудшений рабочих характеристик «Лоран».

Финансирование модернизации «Лоран» в 2006 финансовом году

В отличие от Палаты представителей Конгресса США, которая наметила 25 млн. долларов

на модернизацию «Лоран» на 2006 г., Сенат проголосовал за цифру в 10 млн. долларов. Впереди — согласование окончательной суммы затрат. Сходное положение было в прошлом году, и окончательная цифра затрат на модернизацию «Лоран» на 2005 финансовый год достигла 22,5 млн. долларов. Однако уже очевидно, что есть поддержка «Лоран», и финансирование модернизации будет продолжено.

Использование «Лоран» в метеорологии

На совещании в Центре Волпе в конце июня с.г. представитель фирмы “Vaisala” (Финляндия) рассказал об использовании системы «Лоран» в метеорологии в Европе, в Северной и Центральной Америке и в Азии. По его заключению, «Лоран» является основным средством изучения ветров в верхних слоях атмосферы.

ЖУРНАЛ GPS WORLD ИЮЛЬ 2005 г. DIGEST OF THE GPS WORLD JULY 2005

В разделе международных новостей помещена статья под заголовком «Два конкурента по Галилео объединяются». Известно, что есть два европейских консорциума соискателей по тендеру на эксплуатацию системы Галилео: iNavSat и Eurely. По предварительным оценкам соискатели рассматривались как равные по возможностям. Поскольку они представляли разные регионы и группы интересов, руководство проекта сочло целесообразным провести переговоры и по возможности объединить усилия двух соискателей, увеличив тем самым финансовую базу и снизив нагрузку на европейских налогоплательщиков. В конце июня с.г. исполнительный директор Совместного предприятия (СП) Галилео Р. Грое заявил, что совместное предложение двух консорциумов представляет для общественности больший интерес и что предложения дополнили друг друга. Теперь на основании совместного предложения начнется подготовка переговоров по подписанию контракта на концессию, переговоры планируют завершить до конца 2005 г.

В статье «Лидар в Афганистане» авторы рассказывают о применении известного метода воздушной разведки с помощью лидаров для наземных опера-

ций на примере обследования транспортной магистрали. Луч лазера дает отражение от определенной точки на поверхности дороги. Используя инерциальные датчики и GPS, определяют время и местонахождение точки. Таким методом инженеры построили профиль всего полотна дороги и получили возможность оценить сильно разрушенную поверхность основной транспортной артерии Афганистана. Это быстрый и дешевый метод разведки.

В статье «Испытательный пользовательский сегмент Галилео» авторы описывают требования к испытательному оборудованию для приемников Галилео и первые достижения в его разработке. Есть результаты по тестам на рабочие характеристики, приведена сводная таблица 15 конфигураций приемников для Галилео, Галилео и GPS, с EGNOS и без EGNOS, одночастотных и двухчастотных, с обеспечением целостности или без него, с локальными дифференциальными дополнениями и пр. Сообщается также, что первые спутники Галилео, GSTB-V2/A и GSTB-V2/B, планируют запустить в конце года.

В заметке «Целостность помогает на дороге» авторы показывают, как с помощью интег-

рирования дешевых датчиков можно ввести горизонтальный доверительный уровень в системе обслуживания терминалов мобильных средств с высоким качеством местоопределения, контроля целостности и непрерывностью управления парком транспортных средств.

В статье «Поддержка точным временем — синхронизация мобильных телефонов GSM с точностью до микросекунд» рассказывается о новом матричном способе точного определения времени для терминалов в несинхронизированных сетях связи. В нем используется относительный способ определения времени сигналов в сети для двух целей — получения координат пользователя и карты синхронизации сети. При этом аппарат пользователя будет передавать точное время от открытых зон к закрытым без содействия сервера.

АВГУСТ 2005 г. AUGUST 2005

В разделе «На переднем крае» помещено несколько заметок: о подготовке Управлением перспективных научных проектов Министерства обороны (DARPA) пробега роботов на расстояние 175 миль в пустыне; о проведении соревнования роботов, разработанных студентами; о создании малогабаритной системы предупреждения столкновений на базе GPS для самолетов авиации общего назначения; о разработке принадлежностей для слежения за домашними животными с использованием GPS/GSM.

В разделе международных новостей корреспондент поместил заметку под заголовком «Концессия на Галилео пошла на второй круг переговоров». Принятие решения об объединении предложений двух соискателей — Eureka и iNavSat — символизирует прогресс. Теперь начнется обсуждение условий концессии, в основном финансовых вопросов прихода и расхода средств и размещения Наземного центра управления Галилео.

Основные игроки в консорциумах заинтересованы в возможно более быстром продвижении вперед. Они планируют построить 26 спутников для формирования полной орбитальной группировки после запуска четырех первых спутников на этапе эксплуатационной приемки. Они также будут в течение 20 лет работать по концессии Галилео. Страны-участницы Европейского Союза, профинансировав проект на 400 млн. евро, заняли выжидательную позицию перед тем, как вложить очередные 400 млн. евро, необходимые для завершения этапа приемки орбитальной группировки Галилео. По заявлению руководства СП Галилео, совместный

проект «значительно сократит финансовые вливания общественного сектора и повысит ожидаемые коммерческие доходы». В переговорах при подписании договора на концессию «ожидаемые коммерческие доходы» станут ключевым элементом. Самые большие инвестиции в проект Галилео сделает Германия, поэтому она вправе надеяться на максимальную прибыль. На Европейской навигационной конференции ГНСС 2005, которая проходила в Мюнхене 19-22 июля с.г., глава отдела телематики и новых транспортных технологий Министерства транспорта Германии сделал недвусмысленную заявку на то, чтобы Центр управления Галилео «приземлился» в Германском Центре космических операций в Оберпфaffenхофене вблизи Мюнхена. В качестве дублирующего центра он предложил другое аэрокосмическое предприятие — Европейский центр космических операций в Дармштадте, который имеет хорошую связь с Оберпфaffenхофеном. На вторые, если не на первые роли, претендуют аэрокосмические предприятия Франции и Италии. Глава отдела Галилео в Европейской Комиссии озабочен проблемами развития рынка для Галилео и возможностями малых предприятий в этом секторе. Он привлек внимание к странам, не входящим в Европейский Союз, которые проявили интерес к Галилео. Это Китай, Россия, Украина, Индия, Израиль, Бразилия, Аргентина, Мексика и Австралия, а также некоторые развивающиеся страны, которые заинтересованы в участии в пользовательском сегменте. «Нужно что-то сделать, чтобы обеспечить им доступ», — сказал чиновник ЕС. По поводу участия ЕК в переговорах он заявил, что заниматься переговорами будет СП Галилео, однако государствам ЕС придется согласиться с готовым проектом договора и с ожиданием от них новых денежных поступлений. Представитель фирмы «Галилео Индастриз» (GalIn), еще одного консорциума, являющегося основным подрядчиком Европейского космического агентства (ЕКА), рассказал о перспективах для промышленности. Он также ожидает возврата вложений. Он представил три возможных варианта развития событий: если будет достигнуто согласие на выделение дополнительных 400 млн. евро, договор на приемку орбитальной группировки может быть подписан в III квартале с.г.; если расходовать только ранее выделенные 400 млн. евро, то ЕКА и «Галилео Индастриз» будут продолжать работы по расширенной технической программе; если ни одно из решений не будет утверждено, ЕКА может заморозить программу Галилео. В настоящее время фирма GalIn завершает первый из двух экспериментальных спутников Галилео, запуск которого запланирован на 8 декабря с.г. Сейчас спутник проходит испытания.

**СЕНТЯБРЬ 2005 г.
SEPTEMBER 2005**

В статье «Объединение усилий для создания современной аппаратуры потребителя» сообщается, что офис совместных программ GPS (JPO) выступил с инициативой передать работы по созданию современной аппаратуры потребителя одному подрядчику из-за недостатка средств. Такое решение окажет отрицательное влияние на ведущие фирмы Interstate Electronics Corp., Raytheon, Rockwell Collins, Trimble и, возможно, ряд других. Министерство обороны оказывает сопротивление, подчеркивая важность с точки зрения национальной безопасности наличия многих источников приобретения критичного оборудования. Программа модернизации затрагивает сектора космический, управления и потребительский. Сейчас на этапе А накапливаются новые разработки и выбраны два направления: плата стандартного модуля электроники для применения в приемниках GPS (GRAM SEM-E) и плата модуля для применения в приемнике GPS наземного базирования (GB-GRAM). Они будут применяться на земле, в авиации и на море. На этапе В один подрядчик разработает оба типа плат и проведет их тестирование на уровне платы и сменного блока. По заявлению офиса JPO, упомянутая программа является программой разработки, а не производства. Распределение выделенных средств на все возложенные на него обязанности позволит назвать лишь одного подрядчика. Привлеченные компании не только теряют бизнес, но и должны финансировать квалификационные испытания без гарантий возмещения расходов, если решат участвовать. Дебаты между JPO и Минобороны должны закончиться с утверждением бюджета на 2006 г.

В заметке «EGNOS и Галилео танцуют танго» сообщается, что по программе ГНСС Европа «сделала два шага вперед и один назад». Система EGNOS вступила в фазу начальной эксплуатации, и один из двух спутников для Галилео в настоящее время поступил на испытания в Исследовательский центр Европейского космического агентства. Однако Германия и правительства еще двух стран Европы в июле снова отказались внести свою долю

из суммы 400 млн. евро для финансирования проекта от ЕКА. Германия связывает взнос с созданием привилегий на концессию, хотя ЕКА считает это нечестной игрой. Две другие страны обещают скоро внести свою долю. По мнению официальных лиц, такая задержка может привести к снижению темпов работ по проекту Галилео.

В статье «Глубина моря – Использование эллипсоида в качестве нулевой поверхности отсчета» авторы предлагают новый метод точного определения курса корабля. Как известно, капитану корабля нужно знать глубину моря, чтобы не посадить корабль на мель, и высоту мостов, чтобы не повредить надпалубные надстройки. Эти расстояния меняются во времени и зависят от прилива и груза на корабле. Предложен метод отсчета этих расстояний от эллипсоида Земли, при котором эти величины образуют единую систему данных.

В заметке «Дешевый способ наведения корабельных артиллерийских снарядов по GPS/ИНС» описаны системы наведения снарядов дальнобойной артиллерии флота с использованием микроэлектромеханических средств и GPS для компенсации дисперсии, что повышает точность огня.

Мифы и реальность Anywhere GPS

Испытания показали, что интегрирование GPS с сетями средств радиосвязи дает выигрыш в точности и производительности местоопределения, однако есть много областей применения, где приемлемые результаты можно получить с помощью высокочувствительных приемников.

В заметке «Будущее рынков ГНСС» высказывается соображение, что наибольшим риском для Галилео может стать не запуск спутников, а поиск пользователей, особенно платежеспособных, для служб ГНСС. Представители промышленности описывают применения опытных образцов в морском и дорожном секторах.

В заметке «Использование ТВ сигналов в помощь GPS» рассказано, что разработан способ использования ТВ сигналов, аналоговых и цифровых, для местоопределения. ТВ сигналы достаточно сильны и местоопределение может осуществляться внутри зданий в условиях, когда обычный сигнал GPS не работает.

ЖУРНАЛ «НАВИГАЦИЯ» ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ США
ТОМ 52, № 1, ВЕСНА 2005 г.
DIGEST OF THE NAVIGATION JOURNAL OF THE INSTITUTE OF
NAVIGATION
VOL. 52, NO 1, SPRING 2005

Этот выпуск журнала открывается статьей группы авторов из Университета штата Огайо «Анализ навигационной ошибки инерциального датчика на базе атомного интерферометра». Разработка атомного интерферометра и демонстрация инерциального датчика на его основе стали толчком к созданию нового поколения инерциальных навигационных систем (ИНС), способных обеспечить точность спутниковой навигации на уровне нескольких метров. В статье рассматриваются принципы работы такого датчика и возможные недостатки применительно к конкретному его типу — интерферометру на охлажденных атомах.

В статье группы авторов из Индии «Оценка размеров сетки спутниковой системы функциональных дополнений на низких широтах в зоне Индийского океана» проводится сравнение значения общего содержания электронов (ТЕС), измеренного на станции вблизи северной точки экваториальной аномалии с расчетами по моделям за период цикла солнечной активности (1977–1990 гг.). Обсуждаются недостатки систем преобразования разных типов ТЕС при расчете ионосферных поправок для GPS. Установлено, что при углах возвышения менее 80 градусов соответствие между вертикальным ТЕС, геометрически преобразованным наклонным ТЕС и наклонным ТЕС вдоль тракта распространения сигнала GPS нарушается. Поэтому для надежной работы спутниковой системы функционального дополнения в Индийском регионе (GAGAN) размер сетки должен быть значительно меньше стандартного.

В статье «Высокоточная система DGPS и прецизионное точечное местоопределение на основе сети постоянно действующих контрольно-корректирующих станций в Огайо» представлен анализ точности прецизионного точечного местоопределения, выполненного с помощью модуля программного пакета обработки данных GPS и моделей ионосферы разработки Университета штата

Огайо. Анализ проводился при предположениях о высоком и низком общем содержании электронов в ионосфере. Целью являлась проверка возможности абсолютного местоопределения по GPS с дециметровой точностью в кинематическом и статическом режимах.

В статье «Влияние точности псевдодальности на разрешение фазовой неопределенности в различных сценариях модернизации GPS» описаны результаты моделирования с целью определения успешности разрешения неопределенностей за одну эпоху при меняющихся значениях точности псевдодальности в гипотетической конфигурации ГНСС с 12 видимыми спутниками. Отрабатывались сценарии с различными атмосферными, ионосферными и тропосферными условиями и при разной длине базиса. При наличии этих вспомогательных данных показатель разрешения неопределенности за одну эпоху составил 95...97% при среднеквадратичной ошибке псевдодальности 10...20 см.

Сотрудники Тайваньского университета поместили в журнале статью под заголовком «Весовая коррекция наблюдений фазы GPS за одну эпоху». При наблюдении за спутниками GPS приемник пользователя записывает измерения кодовых псевдодальностей и фазы несущей с разными точностями. Предложена оценочная функция коррекции с использованием метода наименьших квадратов для исследования соответствующих дисперсий псевдодальности и фазы несущей по эпохам. Поскольку обращение масштабированной матрицы ковариаций дает матрицу взвешивания, линейная оценочная функция составляющих дисперсии может оптимально определять весовые коэффициенты для любых наборов данных кодов и фаз несущих. Исследование показало, что для коротких базисов четыре неизвестных коэффициента дисперсии могут характеризовать точности измерений псевдодальности и фазы несущей за одну эпоху для двухчастотной GPS.

БЮЛЛЕТЕНЬ ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ США
ТОМ 15, № 1, ВЕСНА 2005 г.
DIGEST OF THE ION NEWSLETTER
VOL. 5, NO 1, SPRING 2005

Шесть месяцев до запуска экспериментальных спутников Галилео.

Для проверки системы Галилео создаются два спутника в соответствии с первым этапом приемки системы Галилео «на орбите». До их запуска остается примерно шесть месяцев. Основная цель запуска – сохранить выделенные для Галилео частоты, проверить в эксплуатации новые технологии, оценить излучение на средневисотных орбитах и провести эксперименты с реальными сигналами Галилео. Промышленности заказаны два спутника. Большая часть испытаний подсистем и узлов спутников завершена. Сейчас готовятся испытания на воздействие окружающей среды. Один из спутников будет тестироваться летом, второй осенью. Параллельно с созданием двух спутников создаются и проходят испытания наземные средства управления. Центр управления для одного спутника будет находиться в Великобритании, для второго – в Италии. Начата подготовка к их запуску. Оба спутника будут выведены на орбиту с помощью ракеты-носителя «Союз» с космодрома Байконур (Казахстан). Запуск первого спутника намечен на декабрь с.г.

В заметке «Перед уходом» представитель ION в Государственном департаменте, срок работы которого подходит к концу, рассказал о работе по Соглашению GPS – Галилео. Созданы или создаются четыре рабочие группы. Группа А занимается структурой сигнала и уже провела несколько заседаний. Ее задачей является обеспечение совместимости сигналов GPS и Галилео. В ее составе есть подгруппа, которая разрабатывает процедуры обмена инфор-

мацией по расхождению времени в системах, чтобы пользователи могли обрабатывать в приемнике сигналы от максимального числа спутников. Рабочие группы В по коммерческим вопросам и D по вопросам государственной безопасности определяют круг проблем и составляют план совещаний.

По просьбе Российской Федерации ведутся переговоры относительно соглашения GPS – ГЛОНАСС. Эти переговоры могут привести к появлению еще одной системы ГНСС, имеющей сигнал какого-то типа, совместимого с другими сигналами ГНСС, что значительно увеличит количество спутников, доступных для навигации. Готовится гражданское соглашение по спутниковой навигации и с Австралией.

В заметке «За участниками Тур-де-Франс следили с помощью EGNOS» сообщается, что руководство Галилео совместно с Европейским космическим агентством и организаторами Тур-де-Франс профинансировали испытания системы EGNOS во время 5-го этапа состязаний. Приемники EGNOS весом 200 грамм были розданы некоторым велосипедистам и использовались на трассе длиной 183 км. Это уже второй этап испытаний – первый проводился на велогонке в 2004 году; тогда приемники установили на машины сопровождения. Задачей испытаний является отработка сопровождения участников в реальном времени, обработка и обмен информацией и пропаганда применения спутниковых технологий в спорте.

Исторический раздел журнала посвящен 100-летию теории относительности Альберта Эйнштейна и называется «Эйнштейн и навигация».

«ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ ПО НАВИГАЦИИ»
№ 3, ТОМ 3, АВГУСТ 2005 г.
DIGEST OF THE EUROPEAN JOURNAL OF NAVIGATION
VOL. 3, NO 3, AUGUST 2005

Журнал открывается статьей под названием «Навигация в помещениях с помощью карты», в которой авторы из Швейцарии предлагают систему построения топологической модели для больших зданий, способы доступа к созданной по этой модели карте и использования этой схемы пешеходами, оснащенной портативной навигационной системой.

В статье «Проект ADvantis: раскрутка Галилео» сотрудница Международного института права в Нидерландах рассказывает о работе консорциума Галилео над проектом по договору с Совместным предприятием (Joint Undertaking) Галилео. Проектом предусмотрена демонстрация «централизованной службы локализации с гарантированной целостностью» функций местоопределения и времени с отработанными схемами формирования прибыли для операторов EGNOS и концессионеров Галилео при применениях, критичных с точки зрения жизнеобеспечения и правового регулирования.

В статье «Борьба с ионосферными погрешностями в морских дифференциальных подсистемах GPS» авторы из Канады предлагают новую модель ионосферных возмущений для снижения этих погрешностей, которые особенно характерны для районов Северной Америки.

В статье других авторов из Канады «Интегрирование данных высокочувствительных приемников GPS и ИНС в городской среде» представлен алгоритм для интегрирования ИНС с высокочувствительным приемником GPS, измерения которого содержат большие погрешности многолучевости, затенения и затухания сигнала, характерные для городской среды.

Автор из Турции в статье «Риск столкновения: насколько удовлетворительны правила?» анализирует недостатки действующего свода правил для избежания столкновений на море (COLREGs) и предлагает изменения для их устранения.

Далее в журнале помещена заметка под заголовком «Сосредотачиваясь на потребностях гидрографического офиса» представителя совместной российско-норвежской компании «Гидросервис», созданной в 1997 году. Зарегистрированная в Норвегии компания имеет штаб-квартиры в Норвегии, России и Италии. Она выпускает морские карты и программные средства.

Президент Международной ассоциации институтов навигации Б. Стал опубликовал отчет о поездке на 12-ю Санкт-Петербургскую Международную конференцию по интегрированным навигационным системам.

В журнале помещено краткое изложение Рекомендации 129-й Международной Ассоциации маячных служб об уязвимости ГНСС и методах борьбы с ней применительно к судовождению, которая была принята Советом МАМС в конце прошлого года. В Рекомендации дан анализ всевозможных источников помех и отказов ГНСС, дано определение понятий систем дублирования, резервирования и выхода из нештатных ситуаций. Указывается, что ГНСС не только является источником первичной информации, но и снабжает необходимыми данными другие системы судовождения, поэтому потеря сигнала ГНСС приведет к

**ЖУРНАЛ «НОВОСТИ НАВИГАЦИИ» КОРОЛЕВСКОГО ИНСТИТУТА
НАВИГАЦИИ, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ
ИЮЛЬ/АВГУСТ, 2005 г.
DIGEST OF THE “NAVIGATION NEWS” MAGAZINE OF THE ROYAL
INSTITUTE OF NAVIGATION
JULY/AUGUST 2005**

На первой странице журнала публикуется заметка под заголовком «Галилео — достоинства отказа от выбора». 27 июня с.г. Совместное предприятие Галилео (Galileo Joint Undertaking) решило не выбирать по тендеру одного концессионера для эксплуатации системы, а объединить два предложения соискателей. Журнал отмечает, что совместное предложение позволит заметно сократить финансовое участие государства и повысить коммерческий доход. Начат процесс переговоров, который к концу года должен привести к подписанию договора.

Заметка «Европейская навигационная конференция 2006 года» рассказывает о планах проведения очередной конференции ENC GNSS в мае 2006 г. Конференция рассмотрит следующие вопросы: инфраструктура ГНСС, политика и вопросы коммерции, технологии ГНСС, интегрирование в навигации, геодезии и разведке, влияние атмосферы, применение в космосе, авиации, службе времени, на море и суше, локализация и геоинформационные системы, навигация в помещениях, новые применения. Одновременно будет проводиться большая выставка. Участников конференции ждет большая культурная программа.

Статья «Новости из Мюнхена: Европейская навигационная конференция 2005 года» рассказывает о прошедшей в июле с.г. конференции ENC GNSS 2005. Основной темой докладов было состояние и работы по проекту Галилео. Был также представлен оптимистический доклад о будущем системы ГЛОНАСС и планах Российской Федерации по восстановлению системы в течение 10 лет. США представили новую политику в области местопределения, навигации и времени космическими средствами. По новой доктрине гражданские министерства получили возможность финансирования новых гражданских направлений GPS. И Россия, и Америка подтвердили, что гражданские сигналы будут и впредь использоваться бесплатно. В части будущего системы «Лоран-С», несмотря на недавний роспуск организации НЕЛС и нечет-

кость позиций по ряду вопросов, создается полное впечатление, что «Е-Лоран» завоевывает позиции резервной системы ГНСС. На конференции также рассматривались проблемы навигации в помещениях, вопросы уязвимости автоматизированных систем управления судоходством и пр.

Статья «Навигация на флоте Нельсона» посвящена 200-й годовщине битвы при Трафальгаре.

В статье «Дорога. Плата и истинная цена» автор утверждает, что вводимые системы взимания платы за пользование дорогами на базе спутниковых технологий на самом деле являются средством слежения за гражданами и фактически нарушают великий закон «Магна карта», который гласит, что неотъемлемым правом человека является право не давать о себе информации.

Статья «Морской электронный путь» рассказывает о создании новой системы управления судоходством в Малаккском и Сингапурском проливах.

В статье «Беспилотные летательные аппараты. Путь вперед?» автор рассказывает об истории и перспективах использования беспилотных летательных аппаратов. Впервые они появились до Второй мировой войны и после ее окончания начали бурно развиваться. Позднее с усложнением военных задач и развитием техники стали появляться летательные аппараты различных назначений. Однако основной их недостаток — «слепота» по отношению к другим воздушным судам — позволяет использовать их только в условиях военных действий или в пустынных регионах, где отсутствует опасность воздушного столкновения. Каковы перспективы дальнейшего использования беспилотных средств? Они будут все шире применяться на поле боя. Что касается гражданской авиации, то возможны грузовые перевозки по свободным трассам, например, через океан. Пассажиров пока не стоит подвергать опасности. Ведь нет кораблей-роботов, говорит автор. Может быть, мудро будет подождать их появления, а уже потом экспериментировать в более опасной среде, каковой является небо.

14-канальный чип

Фирмам Atmel and Thales Navigation разработан 14-канальный чип для одновременного приема сигналов 12 навигационных спутников GPS и двух сигналов WAAS, EGNOS или MSAS. Чувствительность приемника -137 dBm (-167 дБВт) в режиме поиска и -150 dBm (-180 дБВт) в режиме слежения. Определения координат осуществляются с частотой 1 Гц. Чип рассеивает мощность 70 мВт при непрерывной работе и 18 мВт в режиме экономии энергии. Время холодного, теплого и горячего старта соответственно 90, 30 и 15 с.

Автомобильный приемник GPS

Фирмой Tусо Electronics разработан и предлагается высокочувствительный приемник GPS A1032-ATP (Advanced Telematics Platform) для автомобильных применений с точностью местопределений 1 м. Приемник объединен с двухдиапазонным модемом Sony Ericsson GM 47 dual-band GSM/GPRS с возможностями технологий EGSM (900/1800 МГц) и GSM (850/1900 МГц). A1032-ATP поддерживает стандартные протоколы Интернет и может работать от внутренней антенны.

Приемник CDGPS

Фирма NovAtel выходит на рынок с новым GPS приемником ProPak-LB plus, позволяющим принимать корректирующую информацию подсистемы OmniSTAR и канадской широкозонной подсистемы CDGPS (Canada-wide differential GPS). Заявленная точность местоопределения 1,8 м в диапазоне L1 и 0,45 м в дифференциальном режиме. Время холодного, теплого и горячего старта соответственно 50, 40 и 30 с.

Усовершенствованная система GPS

Фирмы Trimble и Cambridge Positioning Systems из Кембриджа, Великобритания, объединились для разработки усовершенствованной системы GPS (Enhanced GPS, E-GPS) с использованием радиосетей и средств мобильной связи. Система E-GPS объединяет GPS-технологии со специальным (Matrix) математическим обеспечением, позволяющим использовать информацию сигналов синхронизации базовых станций сотовых систем. Она позволяет достичь точности 90 м при существенно пониженной интенсивности спутниковых сигналов.

Автономное счисление в приемнике GPS

Фирма Tусо Electronics дополнила возможностями автономного счисления свои самые миниатюрные приемные модули GPS A1029A и A1029B. Первоначально автономное счисление было внедрено в приемник GPS A1030, принимающий также сигналы EGNOS и WAAS и обладающий возможностями хранения информации. Затем компания внедрила автономное счисление в модуль A1029 с тем, чтобы обеспечить непрерывное точное определение места даже при отсутствии сигналов спутников.

Фильтры электромагнитных помех

Фирма Spectrum Control разработала на основе поверхностного монтажа (surface-mount) линейку фильтров электромагнитных помех для GPS устройств, радиочастотных усилителей, персональных цифровых органайзеров, сотовых телефонов и многих других применений.

Приемник GPS с антенной

Фирма San Jose Navigation разработала модуль FV-28 приемника GPS с антенной и встроенной батареей питания, который обеспечивает выходную информацию в соответствии с технологиями TTL, USB и RS-232. Предполагается высокая чувствительность приемника: -139 dBm (-169 дБВт) в режиме поиска, 149 dBm (-179 дБВт) в режиме слежения. FV-28 поддерживает режимы слежения за фазой сигнала, A-GPS (Assisted GPS) и WAAS. Приемник имеет 16 каналов с частотой выдачи данных местоопределения 4 Гц. Время холодного и теплого старта соответственно 41 и 35 с и меньше. Время повторного входа в рабочий режим менее 1 с. Внешняя активная или пассивная антенна подсоединяется кабелем SMA/MCX. Величина возможного усиления 25 дБ. Питание от источника 3,5 или 12 В. FV-28 потребляет ток 86 мА в режиме поиска, 76 мА в режиме слежения и 8 мА в спящем режиме при использовании напряжения 3 В.

Высокочувствительный приемник GPS

Фирма Aсcess разработала 12-канальный одностотный (L1) приемник GPS i-3000u сигналов GPS с C/A-кодами, использующий SiRFstarIIe/LP чипсет. Точность местоопределения лучше 10 м при чувствительности -172 дБВт. Время холодного, теплого и горячего старта соответственно 60, 45 и 15 с. Время повторного входа в рабочий режим 0,1 с при максимальном перерыве в работе 30 с. Габариты блока 50x57,5x15,5 мм. Он смонтирован с магнитным основанием, работает от источника с напряжением 5...6 В и потребляет мощность 500 мВт (максимально). USB-A порт при скорости 4800 бод позволяет применять приемник с ноутбуками или с персональными цифровыми органайзерами в диапазоне рабочих температур -40 до +85° С.

Чипсет A-GPS

Фирмы Nemerix and CEVA Inc. разработали встраиваемый в соответствии с технологией «plug-and-play» A-GPS (assisted GPS) чипсет Nemerix NJ2020. Чипсет рассчитан на применение в мобильных телефонах и использует технологию CEVA's GPS 4000. Предполагается, что точность местоопределения будет в 10 раз лучше требуемой Федеральной комиссией по связи США для службы E911 (FCC E911): менее 5 м внутри помещений и городских каньонах. Время первого определения уменьшено до 2,5 с после первого включения. NJ2020 поддерживает стандарты GSM, CDMA, WCDMA and GPRS.

ОБОРУДОВАНИЕ НАВИГАЦИИ, ПОСАДКИ И УВД НА МАКС-2005

Ю.А. Соловьев

Оборудование навигации, посадки и УВД на Международном авиакосмическом салоне (МАКС-2005), прошедшем в г. Жуковском с 16 по 21 августа 2005 года, было представлено в основном образцами продукции отечественных производителей, созданными в ряде случаев с привлечением зарубежных комплектующих и технологий.

В части **комплексирования навигационных средств** необходимо отметить работы по интеграции оборудования для Ил-96, Су-27, Су-32, Су-30, Су-25, МиГ-29СМТ, МиГ-29ОВТ, Ту-334, Як-130, Ан-148, Ми-28Н, Ка-52 и др. фирм-разработчиков летательных аппаратов и системных интеграторов.

Автономное инерциальное и гироскопическое оборудование было экспонировано рядом предприятий. Так, Раменское приборостроительное конструкторское бюро (РПКБ) представило 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 40 м; разработанную совместно с фирмой Sagem (Франция) ЛИНС-2000 массой 17 кг на базе лазерных гироскопов с блоком спутниковой навигации с точностью (2σ) автономного счисления 1,85 км/ч и коррекции 30 м; малогабаритную бесплатформенную инерциальную навигационную систему БИНС-МК массой 5 кг с точностью автономного счисления 12 км за 20 мин, БИНС-ТВГ на твердотельных волновых гироскопах массой 14 кг. РПКБ представило 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, комплектующие ИНС (гироскопы и акселерометры). В экспозиции РПКБ также многофункциональные жидкокристаллические дисплеи и электромеханические индикаторы.

Раменский приборостроительный завод экспонировал лазерные БИНС "И-42-1С" массой 43 кг с погрешностями автономного счисления не более 3,7 км/ч и БИНС-СП массой 15 кг с погрешностями автономного счисления 1,85 км/ч (разработчик — Московский институт электромеханики и автоматики), упоминавшуюся выше ИНС-2000 (РПКБ), систему бесплатформенную курса и вер-

тикали СБКВ-2В массой 7,9 кг на базе ДНГ, инерциальный измерительный блок ИИБ-1, систему формирования курса «МК-Компас» массой 6 кг, курсовертикаль 705-6, курсовую систему «КС Кайра-1» общей массой 8,5 кг, гиромагнитный компас «ГМК-Стриж» общей массой 5 кг и др.

Пермская научно-производственная приборостроительная компания (ПНППК) выставила информационные комплексы курса и вертикали Ц-050 с погрешностью автономного счисления (2σ) 4 км/ч, и Ц-060, инерциальные комплексы Ц-060К и Ц-061К, бесплатформенные курсовертикали СБКВ-П массой 9,5 кг (один канал) 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), комплектующие для ИНС, датчики угловой скорости на волоконно-оптических гироскопах ВОГ 06/100 и ВОГ-ПМ2 ЦСД и др.

Заслуживает внимания экспозиция нового игрока на рынке автономного оборудования ООО «ТеКнол», созданного на базе Лаборатории инерциальных геодезических систем МГТУ им. Баумана. В ней, в частности, представлена малогабаритная интегрированная инерциальная навигационная система КомпаНав-2, использующая «оригинальные алгоритмы комплексирования измерений импортных микромеханических датчиков и данных спутниковой навигационной системы (GPS, ГЛОНАСС)». В стандартном варианте КомпаНав-2 поставляется в комплекте с приемником Garmin GPS35. 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).

На базе КомпаНав-2 разработаны автономное пилотажно-навигационное средство ПНС-А, автопилот, автономный накопитель информации, система навигации автомобиля, датчик параметров движения наземного транспортного средства.

Аэротрическое оборудование было представлено продукцией ОАО "Аэроприбор-Восход": цифровыми системами воздушных сигналов «СВС 2Ц-2», «СВС-96», «СВСВ-1» для вертолетов, блоком воздушных сигналов БВС-СС массой не более 1,3 кг, электронным баровысотометром «ВБЭ-ЦМ», совмещающим функции измерителя высоты, СВС и системы сигнализации высоты эшелона, высо-

томерами барометрическими механическими типа ВБМ, усовершенствованной системой сигнализации приближения земли СППЗ-2005, пилотажными комбинированными резервными приборами ППКР-СВС-АГ и ППКР-СВС, измеряющими и выдающими в коде барометрическую высоту, вертикальную и приборную скорости, число М и т.д., навигационно-посадочным индикатором НПИ, приемниками воздушного давления и др.

Доплеровские измерители скорости и сноса (ДИСС) – "ДИСС-013", "ДИСС-7", "ШО-13", "ДИСС-15", которыми уже давно оборудованы многие отечественные самолеты и вертолеты, представил Челябинский завод приборостроения.

Радиотехническое оборудование ближней навигации, посадки и управления (организации) воздушным движением (УВД, ОВД) экспонировалось Всероссийским научно-исследовательским институтом радиоаппаратуры (ВНИИРА) из Санкт-Петербурга и радиозаводом "Поле", г. Челябинск.

Так, "ВНИИРА-Навигатор" и ЗАО "ВНИИРА-ОВД" представили бортовое оборудование систем ВОР/ИЛС и ДМЕ соответственно «ВИМ-95» и СД-67А (СД-75, ДМЕ/Р-85, ВВД-94), бортовую аппаратуру ближней навигации и посадки РСБН-85, РСБН-85В, аппаратуру приема и преобразования дифференциальных данных АПДД, удовлетворяющую требованиям ИКАО для работы в авиационной дифференциальной подсистеме GBAS ГЛОНАСС/GPS, систему раннего предупреждения близости земли "СРПБЗ" с использованием базы данных о рельефе и о препятствиях, "СРПБЗ-П" с индикатором, поддерживающую функцию обеспечения категоризированной посадки по СНС, многофункциональную информационную систему управления и индикации ВН-БМС, самолетные малогабаритные радиолокационные ответчики СО-94Р, СО-96, ОСА-АК, бортовую систему предупреждения столкновений (БСПС) самолетов в воздухе "Акробат-1" и др.

ЗАО "ВНИИРА-ОВД" представило также автоматизированные рабочие места диспетчеров УВД аэродрома и района «Синтез-АРМ-А» и «Синтез-АРМ-Р», комплексный системный тренажер «Синтез-Т», «Синтез-ТЦ», двухдиапазонный моноимпульсный вторичный радиолокатор МВРЛ-СВК, ВРЛ «АВРОРА-С», МВРЛ-АВРОРА», многопозиционную систему наблюдения «Мера», наземную станцию АЗН-В «Оникс», метеолокатор МРЛ-5АД, доплеровскую метеостанцию МРЛ-7С, системы связи и др.

Челябинский радиозавод «Поле» представил ряд РЛС ОВД, метровые системы посадки "СП-90", "СП-90Н", "СП-90М", наземное оборудование систем ВОР/ДМЕ "РМА-90", "РМД-90" и "РМД-90Н",

приводную радиостанцию "РМП-200", автоматический радиопеленгатор "АРП-95", маркерный маяк "РММ-95", наземное оборудование дециметровой ближней навигации РСБН "РСБН-4" и посадки "ПРМГ-76У".

Оборудование спутниковой и дальней навигации экспонировано в основном такими организациями, как Федеральное космическое агентство, Космические войска РФ, ФГУП «НПО прикладной механики им. академика М.Ф. Решетнева», МКБ «Компас», Российский институт радионавигации и времени (РИРВ), КБ навигационных систем ("Навис").

Так, Федеральным космическим агентством, НПО прикладной механики им. академика М.Ф. Решетнева и Космическими войсками РФ представлены планы развития орбитальной группировки ГЛОНАСС (18 космических аппаратов в 2007 г. и 24 – к 2011 г.), а также информация по новым космическим аппаратам 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.

МКБ «Компас» экспонировал приемник спутниковой навигации А-737, ПУИН (пульта управления и навигации с приемником спутниковой навигации), а также новые одночастотные (L1) 24-канальные платы приемников: «ПРО» (размерами 100×160×20 мм), принимающая сигналы ГЛОНАСС стандартной точности (СТ) и GPS (С/А-коды), и «ПРО-М» (размерами 80×90×15 мм), работающая с сигналами ГЛОНАСС стандартной и высокой точности (ВТ) и GPS (С/А-коды).

РИРВ представил оборудование наземных передающих станций импульсно-фазовых радионавигационных систем (ИФРНС) "Чайка" и приемный модуль ИФРНС для потребителей с приемом дифференциальных поправок системы Eurofix, приемную аппаратуру СРНС ГЛОНАСС/GPS АТ-303 и АТ-302 для современных и перспективных воздушных судов, модули навигационно-временных приемников К-161, 1К-161, аппаратуру «Котлин НТ-101» для автомобилей, «Котлин МТ-102», «Котлин МТ-201» и «Аква-Борт-12» (с приемником дифференциальных поправок) для морских и речных судов, геодезическую аппаратуру "ГЕО-161", спутниковую базовую станцию "СБС-161", совмещенную многоканальную навигационную аппаратуру потребителей (НАП) СРНС/ИФРНС «Интеграция» для судов речного флота, устройства синхронизации, стандарты частоты и времени «Фианит» (цезиевый), RFS-2001, RFS-3000 и А-248 (рубидиевые на газовой ячейке), комплектующие, средства математического обеспечения работ и др.

Как всегда, обширную экспозицию организовало КБ "Навис". В частности, были представлены приемоизмерители "СН-3715" (одночастотный) и "СН-3716" (двухчастотный) с кодами СТ и ВТ для ЛА и специальных применений, известный авиационный приемник СН-3301, морские приемники СН-3103 и СН-3820, бортовой приемник спутниковой навигации БПСН-2 для ЛА, принимающий сигналы систем ГЛОНАСС/GPS/SBAS и данные от приемника корректирующей информации GBAS, базовый модуль БМ-2002 ГЛОНАСС/GPS/SBAS, индивидуальная НАП 14Ц853, ряд устройств определения времени и синхронизации по сигналам ГЛОНАСС/GPS: «Навиор-S», СН-3837, СН-3836.

Обращают на себя внимание также следующие экспонируемые разработки «Навис»:

- новая аппаратура самолетовождения многофункциональная АСМ-05 СН-4311, предназначенная для управления воздушным судном на всех этапах полета;
- аппаратура выработки корректирующей информации СРНС ГЛОНАСС/GPS СН-3022 для высокоточного местоопределения в качестве базовой станции и для автономного использования;
- контрольно-корректирующая станция морской дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS СН-3510;
- имитатор сигналов СРНС ГЛОНАСС/GPS/SBAS СН-3803.

Значительный интерес представляет экспозиция на стендах ЛИИ им. М.М. Громова первой разработанной в России (НППФ «Спектр») авиационной локальной контрольно-корректирующей станции ЛККС-А-2000 дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS с контролем целостности и качества спутникового сигнала и линии передачи данных (VDB 108...117,995 МГц), созданной

«ВНИИРА-Навигатор». Аппаратура разработана в соответствии со стандартами ИКАО для GBAS (SARPs). Предполагается, что после предстоящих испытаний подсистема сможет обеспечивать заходы на посадку воздушных судов в условиях I-й категории ИКАО.

Ряд экспонатов демонстрирует возможности спутниковых технологий. К ним можно отнести систему автоматического зависимого наблюдения радиовещательного типа (АЗН-В), разрабатываемую ГОСНИИ АС, а также информационно-навигационные системы «ИНС-Контроль» с использованием стандарта GSM/GPRS и 14Ц831, созданные НПП «Термотех».

Свой вклад в решение навигационных задач вносят и средства обмена данными. Так, НПП «Полет» был продемонстрирован авиационный терминал с навигационными функциями, предназначенный для помехозащищенной оперативной связи и высокоточной навигации.

Важное место заняла экспозиция, посвященная вопросам обеспечения авиационных потребителей **аэронавигационной информацией**. В основе этой экспозиции материалы ЦАИ – Центра аэронавигационной информации гражданской авиации, поддерживающего электронную базу аэронавигационных данных (АРНАД) и выпускающего сборники аэронавигационной информации и радионавигационные карты.

Необходимо отметить, что представленные образцы зачастую характеризуют различные этапы развития навигационной техники. В целом салон продемонстрировал возможности отечественной промышленности по обеспечению разработки новых ЛА, модернизации и ремонта оборудования существующих машин, сохранения и поддержания средств наземной авиационной инфраструктуры.

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА МАКС-2005

Н.В. Непряхин, В.М. Царев

На Международном авиакосмическом салоне МАКС-2005 был представлен ряд образцов систем мониторинга и управления движением транспортных средств, использующих самые современ-

ные технологии навигации и связи. Системы такого класса представляют собой комплекс средств, адаптированный под специфические особенности бортового и наземного оборудования, оставляя воз-

возможность гибкого конфигурирования составных элементов без принципиального изменения общей архитектуры системы. Основное назначение таких систем состоит в том, что в режиме реального времени производится непрерывный мониторинг движения транспортных средств в едином центре обработки информации.

В первую очередь следует отметить экспозицию фирмы Rockwell-Collins, которая представила прототип оснащения бортовой системы Pro Line 21 CNS. Особенность системы – интеграция элементов связи, навигации и наблюдения, позволяющая автоматизировать процесс передачи информации. В составе системы можно выделить аппаратуру связи УКВ – VHF-4000, навигационный приемник NAV-4000 с функциями обработки измерений от VOR, ILS и ADF приемников, дальномерное оборудование DME-4000, блок управления CNS RIU-4000 и транспондер режима S, включающий поддержку форматов A3H и системы предупреждения столкновений TCAS.

В целом, вопросам передачи и обработки навигационной информации уделено повышенное внимание. Так, этой же компанией предложены комбинированные системы передачи информации CMU-900 и APM-900, допускающие использование спутниковых, коротковолновых и ультракоротковолновых каналов с поддержкой протокола ARINC-758. Данный класс аппаратуры совместим со стандартами CNS/ATM, FANS, ACARS, CPDLC, VDL-2, VDL-3 и ATM.

Там же, на стенде Rockwell-Collins представлена система предупреждения столкновений ACAS-900. Эта система состоит из оборудования связи, навигации, обработки информации и индикаторной консоли. Аппаратно-программный комплекс позволяет вести слежение за 150 целями с выводом на дисплей информации о 30 целях.

Заслуживает внимания разработка ГОСНИИАС в области использования АЗН-В (вещательный режим). На стенде был представлен макет рабочего места диспетчера АЗН, демонстрирующий слежение за всеми транспортными средствами в зоне наблюдения, оборудованными средствами передачи данных АЗН. Рабочее место выполнено на базе персонального компьютера с операционной системой WINDOWS. При этом с высокой

степенью наглядности обеспечивается представление о текущей обстановке. Важным достоинством предложенной системы является то, что она может быть использована для любых транспортных средств: от авиационных со стандартами передачи в формате VDL-2,3 или 4 до наземных автомобильных – с передачей данных по каналам мобильных систем связи или Интернет.

НПП «Термотех» представил информационно-навигационную систему с использованием стандарта GSM/GPRS. Она предназначена для контроля местоположения и перемещения мобильных объектов. Имеет простую структуру, использующую стандартные общедоступные каналы цифровой мобильной связи и Интернет. Достоинством данной системы является ее простота и низкая стоимость. Кроме того, развертывание такой системы и ее эксплуатация не требуют значительных вложений. Физическое разделение системы на сервер и рабочую станцию позволяет любому абоненту подключиться к серверу через Интернет, то есть услугами сервера могут воспользоваться другие пользователи, оснастившие свои транспортные средства аппаратурой навигации и связи.

ООО «ПРИН» представило свою разработку в области контроля движения транспорта – «Система оперативного сопровождения транспортных средств», которая эксплуатируется в аэропорту «Домодедово» с 1999 года. Ее основным назначением является увеличение пропускной способности аэропорта и обеспечение безопасности движения по его территории. Как и предыдущие системы, она представляет собой интегрированный на базе средств навигации и связи продукт.

Все представленные системы контроля и мониторинга имеют значительное сходство в архитектурном наполнении: это системы, работающие в реальном масштабе времени; основным (но не единственным) средством является навигационный приемник GPS; широко применены геоинформационные системы в качестве основы интерфейса пользователя. Интеграция средств производится на уровне интерфейсов и форматов сообщений, что значительно упрощает модернизацию, увеличивает охват по номенклатуре используемого оборудования и позволяет наращивать систему на аппаратном уровне.

ЗАСЕДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА "РАДИОНАВИГАЦИЯ"

Заседание технического комитета "Радионавигация"

25 августа 2005 года во ФГУП НТЦ "Интернавигация" состоялось заседание Технического комитета по стандартизации "Радионавигация" (ТК № 363). В нем приняли участие специалисты ФГУП НТЦ "Интернавигация", РНИИ КП, 4 КНИЦ МО, НПО ПМ, ООО "НПФ Гейзер", ОАО "РИРВ", ФГУП "Морсвязьспутник", ОАО "НПП "Транснавигация", 4 ЦНИИ МО, 46 ЦНИИ МО, РСДН ВС РФ, 29 ЦНИИ МО.

Повестка дня заседания:

1. Сообщение "Основные положения Федерального закона "О техническом регулировании" в части, касающейся выполнения работ по разработке национальных стандартов". Председатель ТК № 363 Царев В.М.

2. Сообщение "Основные направления деятельности ТК-363 в 2005 году". Председатель ТК № 363 Царев В.М.

3. Сообщение "О ходе выполнения Плана мероприятий ТК-363 в 2005 году". ВРИО ответственного секретаря ТК № 363 Фаткин Н.В.

4. Сообщение "О разработке предложений к проекту ПНС 2006". Председатель ТК № 363 Царев В.М.

5. Сообщение ответственных исполнителей о состоянии выполнения работ по разработке национальных и межгосударственных стандартов (ГОСТ Р и ГОСТ) по "Программе национальной стандартизации на 2005 год". Володин В.Н. (ООО "НПФ Гейзер"), Богумил В.Н. (НПП "Транснавигация"), Фаткин Н.В. (ФГУП НТЦ "Интернавигация").

6. Сообщение ответственных исполнителей о состоянии разработки национальных стандартов (ГОСТ Р) по ФЦП "ГЛОНАСС" (темы "Норма" и "СС-Внедрение"). Тюбалин В.В. (РНИИ КП), Пчелинцев А.П. (КНИЦ МО).

7. Рассмотрение предложений по разработке национальных и межгосударственных стандартов (ГОСТ Р и ГОСТ) для включения их в проект "Программы национальной стандартизации на 2006 год" с учетом их обеспечения финансированием из госбюджета (ФЦП "ГЛОНАСС" и Ростехрегулирование) и средств разработчиков. Председатели подкомитетов ТК-363.

РЕШЕНИЕ

По пункту 1.

Принять к сведению информацию Председателя ТК-363 Царева В.М. об основных положениях ФЗ «О техническом регулировании» и использовать данную информацию в своей работе.

Председателям ПК ТК-363 до 1 октября 2005 года рассмотреть в подкомитетах и доложить предложения по организации НИР по определению необходимости разработки технических регламентов.

Председателям ПК ТК-363 до 15 сентября 2005 года направить письма организациям и предприятиям соответствующих подкомитетов о подготовке предложений по разработке технических регламентов, стандартов организаций и национальных стандартов, гармонизированных с международными стандартами МЭК и ИСО, европейскими стандартами и национальными стандартами США, Германии, Японии и других стран.

Председателям ПК ТК-363 в ноябре 2005 года рассмотреть в подкомитетах вопрос о необходимости разработки методического документа «Порядок разработки стандартов организаций (предприятий)». Предложения по данному вопросу направлять в ТК-363 «Радионавигация».

По пункту 2.

Одобрить основные направления деятельности ТК-363 в 2005 году.

Председателю ТК-363 Цареву В.М., ответственному секретарю ТК-363 Мурашову Н.Г., ведущему специалисту НТЦ «Интернавигация» Фаткину Н.В.:

– В 1 квартале 2006 года принять необходимые меры по завершению создания МТК-363 «Радионавигация».

– Решить вопрос о включении в состав МТК-363 представителей Республики Беларусь, Украины, Казахстана и Азербайджана.

– Изучить опыт работы передовых технических комитетов по стандартизации:

ТК-362 «Защита информации» и ТК-418 «Дорожное строительство». Результаты доложить на очередном заседании ТК-363.

По пункту 3.

Принять к сведению информацию ВрИО ответственного секретаря ТК-363 Фаткина Н.В. о выполнении плана работы ТК-363 в 2005 году. Отметить, что план работы ТК-363 на 2005 год за 8 месяцев выполнен.

Для реализации решения организационного заседания ТК-363 от 15 февраля 2005 года:

– В октябре 2005 года председателям ПК ТК-363 подготовить планы работы подкомитетов на 2005 – 2006 гг. и представить в ТК-363 «Радионавигация».

– В октябре 2005 года ответственному секретарю ТК-363 Мурашову Н.Г. направить письмо в адрес руководства ИМВП ФГУП «ВНИИФТРИ» о подготовке предложений по созданию в структуре ТК-363 ПК-8 по стандартизации в области временного обеспечения потребителей.

По пункту 4.

Принять к сведению информацию Председателя ТК-363 Царева В.М. о подготовке предложений к проекту «Программы национальной стандартизации на 2006 год» (ПНС-2006).

Председателям ПК ТК-363, заинтересованным организациям и предприятиям при подготовке предложений в ПНС-2006 руководствоваться приоритетными направлениями по стандартизации и источниками финансирования, изложенными в письме заместителя руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Пугачева С.В. (исх. № СП-101-30/3081 от 06.07.2005).

По пункту 5.

Признать ход работы по выполнению ПНС-2005 соответствующим утвержденным планам.

В октябре 2005 года ответственному секретарю ТК-363 Мурашову Н.Г. разместить на сайте НТЦ «Интернавигация» окончательные редакции проектов ГОСТ Р, разрабатываемые по ПНС-2005, для рассмотрения и согласования председателями ПК ТК-363.

По пункту 6.

Отметить, что проекты стандартов, разрабатываемых с 2002 года по НИР «Норма» и финансируемых по ФЦП «ГЛОНАСС», до настоящего времени не представлены к утверждению в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Ответственным исполнителям разработки стандартов по НИР «Норма» (РНИИ КП, КНИЦ МО и НПО ПМ) и НТЦ «Интернавигация»:

– Включить в ПНС-2006 незавершенные стандарты по НИР «Норма».

– Установить в ПНС-2006 срок представления проектов стандартов к утверждению – сентябрь 2006 года.

По пункту 7.

Принять к сведению сообщения председателей ПК ТК-363 о подготовке предложений по проекту ПНС-2006.

Отметить, что предложения по ПНС-2006 были представлены в ТК-363 «Радионавигация» от трех подкомитетов: ПК-3 (Баринов С.П.), ПК-5 (Москвин Г.И.), ПК-7 (Непоклонов В.Б.).

Одобрить направление работ Роскосмоса по разработке и согласованию «Программы совершенствования нормативно-технического обеспечения системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей на 2004 – 2010 годы».

Рекомендовать Роскосмосу (ответственному исполнителю Казновскому Н.И.):

– Разместить данную программу на сайте НТЦ «Интернавигация».

– Представить предложения по разработке стандартов для включения в проект ПНС-2006.

– Подкомитетам ТК-363 (ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-6), заинтересованным организациям и предприятиям представить в ТК-363 «Радионавигация» до 5 сентября 2005 года предложения по разработке стандартов в ПНС-2006 с указанием источников финансирования из федерального бюджета и средств разработчиков с указанием стоимости разработки стандартов (не менее 300 тысяч рублей в год).

К ИСТОРИИ ВОЗДУШНОЙ РАДИОНАВИГАЦИИ

Г.Ф.Молоканов¹

В статье освещаются основные вехи становления и развития воздушной радионавигации: от первых полетов российских самолетов с радиостанциями и до нашего времени.

ON THE HISTORY OF AERIAL RADIONAVIGATION

G.F. Molokanov

The paper presents the principal milestones in development and mastering aerial radionavigation: from the first Russian aircraft with radio stations till the present time.

История воздушной радионавигации, как одного из важных разделов воздушной навигации, рассматривается в статье, исходя из стремления осветить зарождение методов решения навигационных задач, а не как история создания соответствующих радиотехнических систем и средств, хотя именно они порождают новые методы.

Изобретение радио А.С. Поповым открыло широкие возможности для его применения в интересах навигации. В кораблевождении пеленгование судов с помощью рамочной антенны было начато в 1903 г. академиком Н.Д. Папалекси. Радио на борту аэроплана появилось в 1911 г. В июне 1911 г. подполковнику Д.М. Сокольцеву были разрешены полеты на аэропланах для испытания установленных на них радиостанций. А в октябре лейтенант В.В. Дыбовский докладывал об успешных испытаниях в полете радиостанции системы лейтенанта Тучкова, которые показали, что после некоторых усовершенствований в приборе и его установке на самолете будет возможность переговариваться на расстоянии до 50–70 верст. Первая радиопередача с самолета в России осуществлена Д.М. Сокольцевым 22 ноября 1911 г. в Гатчине [1]. В те годы предъявлялись такие требования к радиостанции: масса не более 40 кг, дальность 85 км, длина выпускаемой антенны 50 м.

Важное для навигации решение приняла Парижская конференция 1912 г. о начале передачи по радио сигналов точного времени.

Радиослужба впервые зародилась в 1915 г. в авиационных отрядах Юго-Западного фронта. С этого года началось массовое внедрение радиосвя-

зи в военную авиацию. Наличие на борту аэропланов и на земле – приемопередающих радиостанций привело к необходимости издания специального приказа начальника штаба Верховного Главнокомандующего № 1160 от 21 августа 1916 г., вводившего Правила службы радиотелеграфа в авиации, в которых указаны предназначения самолетных радиостанций:

- а) для сообщения результатов воздушной разведки;
- б) для корректирования огня артиллерии;
- в) для поддержания связи между самолетами в воздухе;
- г) для «...ориентировки при ночных полетах и во время туманов с помощью специальных наземных радиостанций», т.е. впервые ставится вопрос об использовании радиосредств в интересах безопасности полетов и навигации [2].

В наследство от царской России наш воздушный флот получил потрепанное радиотехническое имущество, главным образом, иностранного производства. Оно и использовалось до 1920 г., пока не начал свою плодотворную деятельность радиоотдел опытного аэродрома, работа которого привела к тому, что уже в феврале 1921 г. А.И. Коваленковым (впоследствии преподавателем военной академии командного и штурманского состава ВВС КА) была построена радиостанция АК-1. С ее помощью 28 сентября того же года впервые в нашей стране на Ходынке состоялся разговор летчика с землей. Сотрудники радиоотдела приступили и к работе над средствами радионавигации [3].

С бурным развитием авиации в 30-е годы на-

¹ Г.Ф.Молоканов – профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки РСФСР, генерал-майор авиации.

чались работы по активному применению радио как единственного средства, позволяющего освободиться от капризов погоды и времени суток. Началом развития методов радионавигации явилось создание на научно-опытном (Центральном) аэродроме аэронавигационного бюро (АНБ), а затем отдела (АНО НИИ). Переход от полетов в районе аэродрома к маршрутным полетам в сложных метеоусловиях и ночью потребовал использования в полете наземных радиомаяков, а позднее — радиополукомпасов. Начали с радиомаяков, так как на борту самолета уже имелись радиоприемники. Испытанием отечественного радиополукомпаса занимался И. Т. Спирин. Однако до 1930 г. радионавигация еще не вышла за пределы испытательных полетов, хотя с помощью созданного Н. А. Корбанским радиокompаса РК-120 декабря 1933 г. была совершена успешная посадка по приборам самолета ТБ-1. В изданном в 1930 г. «Руководстве по воздушной навигации для летчиков-наблюдателей» слово радио еще не упоминается, а вот в НАНС-32 уже появился, правда, всего 1,5-страничный текст под названием «Радиопеленгация», обеспечивающая «сохранение направления или определение места по радиопеленгам», а также полет по радиолучу от маяка или на маяк [4].

Подробнее написан раздел «Руководства по самолетовождению», изданного в 1937 г., в главе «Радиоориентирование» которого отмечается, что его следует применять «при выполнении длительных маршрутных полетов за облаками, над безориентирной местностью, в темную ночь и в сложных метеоусловиях» [5].

Радионавигация, еще не именуясь таковой, применялась штурманами А. В. Беляковым и С. А. Данилиным в широко известных перелетах из Москвы в США через Северный полюс. На самолетах АНТ-25 был радиополукомпас (РПК) и связная радиостанция. Готовясь к перелету, А. В. Беляков запросил И. Т. Спирина, флагштурмана воздушной экспедиции, высадившейся 21 мая 1937 г. на Северном полюсе, о навигационных условиях их полета. В ответной радиограмме Спирин сообщал: «Магнитные компасы работали до самого полюса... радиомаяк ориентирует правильно... В полете «Рудольф-Полюс» часто подолгу не слышал маяка..., надежно пеленгуются с борта самолета Диксон и Мурманск...» А. В. Беляков чаще применял радиомаяк о. Рудольфа и наземные радиопеленгаторы. В конце маршрута экипаж ночью использовал РПК и радиомаяк Сан-Франциско [6].

Вот как оценивал роль радионавигации при полетах в Арктике участник воздушной экспедиции в район «полюса относительной недоступности» (март 1941 г.) известный полярный штурман В. И. Аккуратов: «Пользуясь этим методом, можно летать в любую погоду вне видимости земли и небесных светил, сохраняя общую ориентировку, и выходить в любую заданную точку» [7].

До войны в штурманских училищах изучались вопросы применения радиомаяков и радиополукомпасов, но в ходе летной практики они не отрабатывались, поэтому основная масса летного состава перед войной методами радионавигации не владела. В докладе начальника ВВС Я. В. Смушкевича, представленном 14 мая 1940 г. Комитету обороны СНК СССР о состоянии ВВС КА, признавалось, что до войны с Финляндией в Испании и Китае наша авиация действовала преимущественно в простых метеоусловиях, ее подготовка к сложным метеоусловиям оказалась недостаточной. «Недоученность летного состава в штурманской подготовке и особенно в радиовождении» явилась причиной неоднократных случаев потери ориентировки. Было решено во все учебные программы внести соответствующие изменения. «Организован специальный резервный полк, через который для обучения ночным и слепым полетам и радиовождению по маякам будет пропускаться летный состав бомбардировочной авиации» [8].

Годы войны. Война с белофиннами, в которой авиация действовала в сложных метеоусловиях, показала важность овладения радионавигацией. Однако отсутствие на борту многих самолетов радиополукомпасов и неумение пользоваться ими оказали негативное влияние на самолетовождение, надежность которого снизилась почти на порядок. Даже по неполным данным в сентябре 1941 г. на 100 (до войны 650) маршрутных полетов приходилась одна потеря ориентировки.

22 августа 1941 г. вышло Постановление № 553 ГКО о поставке ВВС 100 приводных радиостанций. Новое Постановление об оборудовании самолетов средствами самолетовождения для полетов в сложных метеоусловиях и ночью было принято в августе 1942 г. Острота положения отмечалась в приказе командующего ВВС № 0103-42 г., в котором говорилось, что потери ориентировки еще не стали редким явлением. За два месяца произошло 300 учтенных случаев, выведено из строя 68 самолетов, имели место 489 случаев невыхода на заданные цели.

Повышению эффективности самолетовождения способствовало развертывание службы земного обеспечения самолетовождения (ЗОС), внедрение методов радионавигации не только для привода на свои аэродромы, но и для вывода их на заданные цели в тактической глубине. Для этого вблизи линии фронта разворачивались контрольно-опознавательные пункты, оборудованные приводными радиостанциями, светомаяками и цветными дымами, что облегчало экипажам выход на хорошо видимый как днем, так и ночью контрольный пункт, от которого они следовали на цель и аэродром посадки, зная курс и время полета до них. Характерны цифры повышения надежности выхода на цели, которая в 1941 г. составляла 10, в 1943 г. – 310, в 1944 г. – 1439, а в 1945 г. – 5080 выходов на один случай невыхода на цель [9].

В истребительной авиации широко применялись наземные радиопеленгаторы. Число пеленгов, запрошенных летчиками, в 1943 г. возросло в сравнении с 1942 г. в 4,7 раза, а в 1944 г. – в 7,3 раза. Резко возросло число приводов самолетов на аэродром с помощью РПК. Вопросы применения РПК и радиопеленгаторов вошли в изданное в 1943 г. «Наставление по штурманской службе».

Активному внедрению радионавигации способствовало введение в 1944 г. должностей помощников главных штурманов воздушных армий и авиационных корпусов по радионавигации и издание в том же году приказа командующего ВВС, обязывающего весь летный и руководящий состав до командующих воздушными армиями включительно, сдать экзамен по радионавигации.

Великая Отечественная война со всей силой подтвердила, что радионавигация способствует значительному повышению эффективности боевых действий авиации и безопасности ее полетов.

Послевоенный период. После победоносного завершения Великой Отечественной войны в ВВС проводилась большая работа по обобщению боевого опыта, его внедрению в практику обучения, определению путей дальнейшего развития авиации, в том числе и радионавигационной техники.

16 января 1946 г. на имя Генералиссимуса Советского Союза И.В. Сталина командующим ВВС Красной Армии главным маршалом авиации А.А. Новиковым была подана служебная записка [10] по вопросам послевоенного развития авиации на ближайшие пять лет. В ней в разделе, посвященном самолетостроению и, в частности, развитию многомоторных бомбардировщиков, он писал:

«Для того, чтобы поднять нашу бомбардировочную авиацию, как ударную силу Воздушных Сил Красной Армии, до уровня современных и вполне реальных требований, нашей отечественной промышленности необходимо в кратчайшие сроки освоить не только в опытном строительстве, но и в серии:

4. Радиолокационную аппаратуру для самолетовождения, точного выхода на цель и для точного бомбометания через облака».

Оценивая положение дел в области радиосвязи, радионавигации, радиолокации и бомбардировочных прицелов, в служебной записке констатируется, что «имеющиеся у нас радионавигационные средства позволяют главным образом решать задачу привода самолетов на свой аэродром и восстанавливать ориентировку.. С помощью их нельзя решать такие серьезные навигационные задачи, как вывод самолета в район дальних целей, наведение самолетов на цели для бомбометания, привод самолетов в заданные пункты и слепая посадка самолетов. Для этих целей у американцев на самолетах Б-17 и Б-29 применялась аппаратура «Лоран» с дальностью действия 2000 км и с точностью 1 % от расстояния; у англичан – аппаратура «Джи» с дальностью действия 700 км».

В первом послевоенном «Наставлении по штурманской службе», изданном в 1947 г., был узаконен термин «радионавигация», которым назван целый раздел. В нем говорится:

«43. Радионавигация есть способ самолетовождения, основанный на использовании радиотехнических средств, применяемый, как правило, в комплексе с другими средствами самолетовождения.

Радионавигация позволяет:

- а) выполнять маршрутные полеты вне видимости земли и неба;
- б) осуществлять выход на цель и бомбометание вслепую;
- в) выходить на аэродром и производить слепой расчет на посадку. Кроме того, радионавигация позволяет определять навигационные элементы полета» [11].

Новый этап в развитии радионавигации начался с созданием систем, обеспечивающих посадку самолетов в сложных метеоусловиях и выполнение бомбометания. В 40–50-е годы появились посадочные системы ОСП-48 и СП-50, панорамные радиолокационные станции, радиотехнические системы дальней и ближней навигации, среди которых система РЫМ была первым образцом вы-

сокоточной радионавигации, позволившим выполнять бомбометание по цели с известными геодезическими координатами. Ее испытания проводились в 1948 г. под руководством Б.В. Стерлигова. В рабочей зоне системы с точностью 20 м обеспечивалось одновременное измерение дальностей от самолета до двух наземных станций с известными геодезическими координатами.

Появление этой системы вскрыло новое качество радионавигации: чем чаще и точнее можно определять свое местонахождение, тем «свободнее полет», выше его оперативно-тактические возможности, так как при обычной методике самолетовождения по компасу частое изменение курса чревато потерей ориентировки и поэтому наставлениями запрещалось. В то же время война заставила записать в послевоенном наставлении необходимость выполнения полета по криволинейной траектории. Система РЫМ, как и курсоглиссадные системы посадки, позволили применить позиционный способ управления движением ЛА с непрерывной выдачей его отклонения от заданной траектории, следуя по которой экипаж точно выходил на цель или в створ взлетно-посадочной полосы.

Полетная карта «съедала» точность системы РЫМ, утратив роль основного источника навигационной информации. Для точного выхода на цель и нанесения удара по ней потребовалось выполнять геодезические расчеты. Много новых вопросов ставили и панорамные радиолокационные станции обзора с воздуха земной поверхности. Радиолокационная ориентировка возрождала забытые приемы визуальной пеленгации опознанных удаленных ориентиров для определения местонахождения ЛА.

Ахиллесовой пятой авиации при ведении боевых действий всегда была ее привязанность к аэродромам. Одной из мер для ликвидации этого недостатка явилось выполнение взлета и посадки на пригодных участках шоссейных дорог, которые должны позволять вести работу с них в сложных метеоусловиях и ночью. Решение проблемы стали искать на пути более эффективного использования радионавигационных полей, площадь которых непрерывно возрастала, а точность измерения координат самолета увеличивалась. К началу 80-х гг. функционировала Европейская цепочка импульсно-фазовой радионавигационной системы (ИФРНС) «Чайка», радионавигационное поле которой покрывало всю европейскую часть страны. Разворачивалась и Дальневосточная цепочка ИФРНС, а также начали поступать подвижные станции РСДН-10, которые

позволяли за короткое время создать в заданном районе высокоточное радионавигационное поле площадью в миллион квадратных километров.

Это открывало новые возможности решения авиацией как ударных задач, так и обеспечения посадки в сложных метеоусловиях и ночью, в том числе на необорудованные аэродромы, однако требовало их геодезической привязки, определения и учета специальных поправок на меняющиеся условия распространения радиоволн.

Решение задачи бомбометания начали с освоения экипажами дальней авиации так называемого навигационного бомбометания по неподвижным целям. Для этого в навигационном поле рассчитывалась точка сбрасывания бомбы, координаты которой программировались в прицельно-навигационном комплексе. Была разработана методика выхода в точку сбрасывания и выполнения бомбометания, что освобождало экипаж от весьма сложной задачи поиска и обнаружения цели при полете на большой скорости и малой высоте. Успешно выполненные бомбометания с самолетов Ту-22М позволили перенести методику решения данной задачи и во фронтальную авиацию.

Вслед за освоением навигационного бомбометания была решена не менее важная задача — заход на посадку в сложных метеоусловиях на аэродромы, не оборудованные посадочными системами, но находящиеся в радионавигационном поле (к примеру, на автомобильные участки шоссейных дорог). Для решения этой задачи необходимо, как и при бомбометании, точно вывести самолет в заданную точку — начало ВПП, которая также программируется в навигационном комплексе, позволяя выполнять посадку при метеоминимуме 200×2000 м [12].

Новый этап высокоточной радионавигации начался с создания спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Их рождение справедливо связывают с запуском 4 октября 1957 г. в нашей стране первого в мире искусственного спутника Земли (ИСЗ). Первое научно обоснованное предложение о возможности использования ИСЗ для навигации было выдвинуто ленинградской группой ученых ВВИА им. А.Ф. Можайского под руководством проф. В.С. Шебшаевича. А.В. Беляков, возглавлявший в те годы навигационную секцию Академии наук СССР, активно поддержал разработку СРНС, завоевавших в наше время большую популярность.

СРНС позволяют в любой точке земного шара независимо от метеоусловий определять координаты, скорость, направление и высоту полета самолета [13]. По мнению штурманов, летающих по международным трассам, где СРНС уже находят широкое применение, они практически снимают проблему точного самолетовождения.

Большую роль сыграли спутниковые радионавигационные системы в локальных войнах. Активно использовались СРНС во время операции «Буря в пустыне». Специфика района боевых действий (пустынная, безориентирная местность) заставила командование предпринять срочные меры по оснащению спутниковой навигационной аппаратурой «Навстар» (GPS) боевых вертолетов и даже танков. С помощью СРНС повышалась точность выхода авиации на цели в ночное время, корректировались траектории полета авиационных и крылатых ракет морского базирования, решались задачи точной топогеодезической привязки объектов путем определения их местонахождения и скорости передвижения.

Для нанесения ударов по важным объектам стратегические бомбардировщики применяли крылатые ракеты, в которых инерциальная система навигации, дополненная СРНС, повышала точность наведения ракет, отклонение которых от цели не превышало 20 м. Как и во время войны против Югославии, наибольшую эффективность продемонстрировали ракеты и бомбы, использующие для наведения на цели сигналы космической радионавигационной системы GPS. Еще большее значение для вооруженных сил имеет использование космической информации для разведки, управления войсками, авиационной поддержки войск и т.д. Использование космических технологий резко повысило эффективность боевых действий авиации. Миниатюрные, помехоустойчивые и высокоточные приемники СРНС, используемые в управляемых ракетах, авиационных бомбах и даже артиллерийских снарядах, обеспечивали поражение точечных целей на дальности до 45 км.

СРНС по оценке специалистов оказали «революционизирующее воздействие на возможности ведения войны» [14]. Резкое повышение эффективности ударной авиации подтвердила проведенная в 1998 г. операция «Лиса в пустыне», по итогам которой спутниковым радионавигационным системам дана такая оценка:

«...хотя новых космических средств с 1991 г. не появилось, войска в значительно большей степени

использовали космические технологии и, прежде всего, спутниковую систему навигации GPS, которая обеспечила точность большинства воздушных ударов...

Поражено 85% запланированных целей, 74% вылета и пуска признаны полностью успешными, объекты удара лишились возможности выполнять свои функции» [15].

Отмечалось, что приемоиндикаторы GPS, установленные на различных образцах вооружения и военной техники и размещенные в ранцах бойцов, делают всю совокупность боевых средств системно объединенной. Такая группировка войск, строго соответствующая замыслу командования, приобретает некоторое приращение эффективности, разное у разных средств.

Ясно, что это имеет прямое отношение и к авиации — к построению и выдерживанию каждой авиационной группой в воздухе своего места (особенно в рассредоточенном боевом порядке), а также к выполнению посадки в сложных метеоусловиях и ночью с более строгим соблюдением мер по безопасности полетов.

В целом, военно-космические средства точной радионавигации оказали сильное влияние на действие войск, способствовали разработке новых тактических приемов, определив направления дальнейшего совершенствования космической техники и способов боевого применения высокоточного оружия [16].

Активное развитие радионавигации, область использования которой значительно расширилась, а точность возросла до метров, получило академическое определение в Большой советской энциклопедии: «Радионавигация—совокупность операций по обеспечению вождения движущихся объектов (летательных аппаратов, судов и др.), а также по наведению управляемых объектов с помощью радиотехнических средств; научно-техническая дисциплина, рассматривающая принципы построения радиотехнических средств и разрабатывающая методы их использования применительно к решению задач вождения движущихся объектов по определенной траектории (маршруту) и вывода их в заданный район в заданное время» [17].

Радионавигация прочно утвердилась и как самостоятельный метод наведения и как научная дисциплина воздушной навигации.

Литература

1. Авиация и воздухоплавание в России в 1907–1914 гг. Сборник документов и материалов /составители Шауров Н.И., Сидорова М.А., под ред. Попова В.А., вып. 3 (1911 г.), АН СССР, Главное архивное управление ЦГВИА. – М.: 1971. –178 с.
2. Зарецкий В.М. Воздушный флот России в первой мировой войне: строительство и боевое применение. Докторская диссертация, рукопись. – Монино, 1996. – 417 с.
3. Муравьев В.К. Испытатели ВВС. – М.: Воениздат, 1990. – 302 с.
4. Наставление по аэронавигационной службе ВВС РККА (НАНС-32) – М.: ред. изд. сектор УВВС РККА, 1932. –238 с.
5. Беляков А.В. В полет сквозь годы. – М.: Воениздат, 1981. – 350 с.
6. Руководство по самолетовождению. Упр. ВВС. – М.: Воениздат, 1937. – 294 с.
7. Аккуратов В.И. Экспедиция на самолете «СССР-Н-169» в район «полюса относительной недоступности». Научные результаты – М.:Л.: изд. Главсевморпути, 1946.
8. Вестник Воздушного Флота, № 3 (май–июнь) 2002.
9. Молоканов Г.Ф. Совершенствование штурманского обеспечения боевых действий бомбардировочной авиации. Военно-исторический журнал, № 3, 1977. – С. 21–28.
10. Вестник Воздушного Флота, № 4 (июль–август) 2002. – С. 36–43.
11. Наставление по штурманской службе авиации Вооруженных Сил Союза ССР (НШС-47). – М.: Воениздат, 1947. – 176 с.
12. Молоканов Г.Ф. История штурманской службы–М.: ФГУП «ВО Минсельхоза России, – 502 с.
13. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: ЭКО–ТРЕНДЗ, 2000. – 270 с.
14. Филонов Л. Спутниковые навигационные системы, используемые ВМС США. – Зарубежное военное обозрение, № 8, 1994.
15. Газета «Независимое военное обозрение» за 25 декабря 1998 г. – 14 января 1999 г. «Удачный прыжок», «Лиса в пустыне».
16. Богданов С.А и др. Война в Персидском заливе. – М.: Воениздат, 1993.

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. (095) 926-25-01, Прохорова Татьяна Михайловна.

* * *

К проведенной 23–25 мая 2005 г. в г. Санкт-Петербурге, в Государственном научном центре Российской Федерации Федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», **XII Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам** выпущены

книги-сборники докладов на русском и английском языках. Заинтересованным лицам обращаться по адресу: 197046, Санкт-Петербург, Малая Посадская, 30. Тел: (812) 238-82-10, (812) 238-81-57, Факс: (812) 232-33-76, e-mail: elprib@online.ru.

* * *

R.M. Rogers, Rogers Engineering & Associates *Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems, Second Edition.* AIAA Education Series 2003, 326 pp, Mixed media, ISBN: 1563476568. AIAA Winter/Spring Publications Catalog 2005. www.aiaa.org

* * *

P. Zarchan and H. Musoff, C.S. Draper Laboratory. *Fundamentals of Kalman Filtering: A Practical Approach, Second Edition.* Progress in Astronautics and Aeronautics Series, Vol. 208, 2005, 746 pp, Mixed media, ISBN: 1563476940. AIAA Winter/Spring Publications Catalog 2005. www.aiaa.org

* * *

Titterton D.H., Weston J.L. *Strapdown Inertial Navigation Technology, Second Edition.* Progress in Astronautics and Aeronautics Series, Vol. 207, 2004, 574 pp, Hardback, ISBN: 1563476932. AIAA Winter/Spring Publications Catalog 2005. www.aiaa.org

КАЛЕНДАРЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2005-2007 гг.

КАЛЕНДАРЬ ПОДГОТОВЛЕН С ПОМОЩЬЮ МАТЕРИАЛОВ IAIN NEWS, ЖУРНАЛА GPS WORLD, HTTP://WWW.GPSWORLD.COM И ДРУГИХ ИСТОЧНИКОВ

OCTOBER 4–6 2005

INTERGEO 2005

Dusseldorf, Germany. Tel. +49 (721) 9313-37-40,
fax +49 (721) 9313-37-10, ofreier@hinte-messe.de
www.intergeo2005.de

OCTOBER 5–6 2005

Transport Tracking 2005

Gothenburg, Sweden.

OCTOBER 12–14 2005

ICECOM 2005

The 18th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications (it includes a session on navigation). University of Zagreb, Unska 3, HR-10000 Zagreb, Dubrovnik, Croatia. Tel. +385 (1) 6129-772, fax +385 (1) 6129-717, davor.bonfacic@fer.hr

www.rc-fer.hr/cecom

OCTOBER 17–19 2005

2005 Convention and Technical Symposium ILA 34

ILA Operations Center, 742 Cathedral Pointe Lane, Santa Barbara, CA, 93111, The United States. Fax 1-805-967-8471.

www.loran.org

NOVEMBER 1–3 2005

NAV 05

National Navigation Conference - Pushing the Boundaries RIN, London, UK. The Conference Centre at Church House, Dean's Yard, Westminster, London, SW 1P 3NZ.

Tel. +44 20 7390 1560, fax +44 20 7290 1591.

NOVEMBER 6–10 2005

ITS 2005

San Francisco, CA, United States.

NOVEMBER 29–30 2005

Nordic SatNav User Conference. Oslo, Norway.

www.nornav.org

DECEMBER 8–10 2005

GNSS 2005

Hong Kong, China.

JANUARY 18–20 2006

ION National Technical Meeting

Hyatt Regency Hotel, Monterey, California, USA.

Contact: tel. +1 703-383-9688, fax +1 703-383-9689.

www.ion.org

APRIL 25–26 2006

PLANS 2006

Position location and navigation symposium jointly sponsored by the IEEE and the ION. Coronado, San Diego, California, USA. Contact: tel. +1 703-383-9688, fax +1 703-383-9689.

www.plans2006.org

MAY 7–10 2006

ENC/GNSS

European Navigation Conference and Exhibition. EUGIN/RIN, Manchester International Convention Centre, Manchester, UK. RIN: 1 Kensington Gore, London, SW7 2AT. Tel. +44 (0) 20 7591 3130, fax +44 (0)20 7591 3131, conference@rin.org.uk

http://www.enc2006.org.uk

МАЙ 29–31 2006

XIII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам.

ГНЦ РФ «ЦНИИ «Электроприбор», Санкт-Петербург, ул. Малая Посадская, д. 30, тел. (812) 238-82-10, (812) 238-81-57, факс (812) 232-33-76, e-mail elprib-onti@telros.net

SEPTEMBER 26–29, 2006

ION GNSS 2006

Fort Worth Convention Center, Fort Worth, Texas. Contact: ION National Office, 1800 Diagonal Road, Suite 480, Alexandria, VA 22314, USA, tel. (703) 683-7101, fax (703) 683-7105, e-mail: meetings@ion.org, <http://www.ion.org/>

OCTOBER 18–20 2006

12th IAIN World Congress

IAIN/Korean ION, Busan, Korea.

SEPTEMBER 25–28 2007

ION GNSS 2007

US ION. Fort Worth TX, USA.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

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

В стоимость подписки входит оплата 4-х номеров журнала. Стоимость подписки на 2006 год с учетом почтовых расходов и НДС – 1000 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 «Интернавигация».

Контактный телефон: (095) 926-25-01, факс: (095) 926-28-83

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,

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 MS Word, предпочтительно в портретной ориентации, в черно-белом цвете. Не допускается использование сканированных рисунков и формул. Математические формулы оформляются через редактор формул “Equation Editor”.

8. В зависимости от тематики статьи при необходимости к представленному материалу должно прилагаться экспертное заключение о возможности публикации в открытой печати.