

В Межгосударственном совете «Радионавигация»

28 апреля 2004 г. в г. Москве состоялось заседание Межгосударственного совета «Радионавигация».

Совет продлил на 1 год срок полномочий председателя Совета Демьяненко Анатолия Валентиновича, представителя Республики Беларусь.

На заседании был заслушан доклад Демьяненко А.В. об итогах работы Совета в 2003 году и о выполнении плана работ по реализации Межгосударственной радионавигационной программы СНГ.

Отмечено, что в соответствии с утвержденным планом мероприятий на 2003 г. выполнены три научно-исследовательских работы. Отчеты по этим работам будут направлены членам Совета.

Отсутствие необходимого финансирования не позволило выполнить все работы, включенные в план. Несмотря на принимаемые меры, не все государства СНГ осуществляют финансирование работ по Межгосударственной радионавигационной программе. Долевое финансирование Программы обеспечивают только Азербайджанская Республика, Республика Казахстан, Российская Федерация и Республика Узбекистан.

На заседании был обсужден и одобрен план мероприятий Межгосударственного совета в 2004 году.

Были заслушаны сообщения Власова В.М. (Российская Федерация) и Демьяненко А.В. об использовании связных и навигационных спутниковых технологий на автомобильном транспорте.

Совет отметил, что уже несколько лет рядом российских компаний ведутся интенсивные работы по созданию и развитию автоматизированных диспетчерских систем нового поколения, систем информационного сопровождения и мониторинга автомобильных перевозок с использованием спутниковых технологий. Такие системы внедрены уже в 18 городах России для управления городским пассажирским транспортом; более 10 городов ведут подготовительные работы для их внедрения.

Реально создаются эффективные системы информационного обеспечения безопасности пассажиров в пути следования, своевременного обнаружения мест ДТП, оперативного вызова аварийно-спасательных служб, скорой помощи и ГИБДД, голосовой связи и передачи данных в любой точке маршрута при чрезвычайной ситуации.

Кроме того, в рамках совместных программ Союзного государства Российской Федерации и Республики Беларусь создаются базовые технические средства и необходимые технологии для обеспечения построения современных систем контроля и управления транспортом на территории Союзного государства.

НТЦ «Интернавигация» поручено обобщить опыт российских и белорусских предприятий по созданию и развитию информационно-навигационных систем для автомобильного транспорта с использованием спутниковых технологий и направить материалы по этому вопросу членам Совета.

На заседании была заслушана информация о ходе работ по созданию в России элементов системы сертификации навигационной аппаратуры потребителей ГЛОНАСС.

Отмечено, что НТЦ «Интернавигация» в инициативном порядке, при содействии 32 ГосНИИИ Министерства обороны России, аккредитовал в системе «ВОЕНТЕСТ» испытательную лабораторию средств измерений спутниковой навигационной и геодезической аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS «Интернавигация - ТЕСТ». В лаборатории имеется комплекс эталонов и средств измерений для проведения испытаний спутниковой навигационной и спутниковой геодезической аппаратуры. Все используемые при испытаниях средства измерений прошли испытания для целей утверждения типа и занесены в Государственный реестр средств измерений. Для выполнения высокоточных измерений, проводимых при сертификации указанной аппаратуры, лаборатория располагает программно-аппаратным комплексом средств метрологического обеспечения испытаний.

В целях организации совместных работ НТЦ «Интернавигация» поручено проинформировать заинтересованные организации государств СНГ, связанные с разработкой и эксплуатацией спутниковой навигационной и геодезической аппаратуры, о завершении аккредитации испытательной лаборатории и о ее возможностях.

Члены Совета были проинформированы о разработке в Российской Федерации новой редакции Российского радионавигационного плана.

Отмечено, что в настоящее время на базе НТЦ «Интернавигация» функционирует Технический комитет ТК-363, в сфере деятельности которого находится комплекс национальных стандартов России в области радионавигации, носящих межгосударственный характер. На заседании был рассмотрен вопрос о создании на базе ТК-363 «Радионавигация» (Россия) Межгосударственного технического комитета по стандартизации в области радионавигации.

Совет признал целесообразным создать межгосударственный Технический комитет на базе ТК-363 «Радионавигация» для координации работ государств СНГ по стандартизации в области радионавигации и поручил НТЦ «Интернавигация» направить установленным порядком необходимые документы для придания ТК-363 функций межгосударственного Технического комитета.

Совет заслушал информацию о работе ревизионной комиссии по проверке финансовой деятельности Межгосударственного совета «Радионавигация» в 2003 г. и утвердил акт ревизионной комиссии, а также исполнение сметы расходов на

выполнение Плана мероприятий, проведенных Советом в 2003 г., и смету расходов на выполнение Плана мероприятий на 2004 г.

На заседании была заслушана информация члена НТС Межгосударственного совета «Радионавигация» Кияна О.Н. о международном проекте Интегрированной телекоммуникационной сети, реализуемом Республикой Казахстан и Российской Федерацией на территории Республики Казахстан. Последовало официальное приглашение предприятиям и организациям СНГ, работающим в сфере проектирования и изготовления навигационного оборудования потребителей, принять участие в данном международном проекте.

Очередное заседание Межгосударственного совета «Радионавигация» решено провести в октябре 2004 года в г. Минске.

В Российской общественном институте навигации

12 мая 2004 года в помещении НТЦ «Интернавигация» состоялось расширенное заседание Совета РОИН и НТС НТЦ «Интернавигация» с повесткой дня: «Вопросы использования в Российской Федерации модернизируемых и создаваемых спутниковых навигационных систем и их дополнений».

В работе заседания приняло участие 29 представителей промышленности, разработчиков аппаратуры и потребителей спутниковой информации, в том числе ФКА, Минтранса и связи, ФАП, НТЦ «Интернавигация», РНИИ КП, ЦНИИ МАШ, РИРВ, МКБ «Компас», КБ «НАВИС», ГУНИО, 30 ЦНИИ МО РФ, 24 НЭИУ, ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, МАИ, ЛИИ им. М.М. Громова, НИИ АО, ГОС НИИ «Аэронавигация», ГОСНИНГИ, ЦНИИ «Электроприбор» и др.

В ходе работы были заслушаны доклады:

1. Готов В.Д. (ФКА – ЦУП ЦНИИМАШ) «Развитие спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, Галилео».
2. Кинкулькин И.Е., Сурков Д.М. (ОАО МКБ «Компас») «Основные ожидаемые характеристики аппаратуры потребителей модернизируемых и разрабатываемых спутниковых навигационных систем».

В докладах и в ходе их обсуждения отмечалось, что спутниковые радионавигационные системы (СРНС) играют все более важную роль в повышении эффективности хозяйственной деятельности и решении задач национальной безопасности страны. Вопросы использования СРНС считаются ключевыми в новой редакции Российского радионавигационного плана. Придавая большое значение расширению использования спутниковых технологий, Правительство РФ Постановлением № 587 от 20.08.2001 г. утвердило и осуществляет Федеральную целевую программу (ФЦП) «Глобальная навигационная система» на 2002-2010 гг. Ведется серийное производство комбинированных приемников ГЛОНАСС/GPS. Создано более 44 типов отечественной аппаратуры. К 2004 г. произведено примерно 8000 приемников при общей потребности до 2011 г. свыше 80000.

В то же время продолжают трудности с полномасштабным использованием системы ГЛОНАСС в связи с тем, что, несмотря на предпринимаемые меры по запуску новых спутников, общее число работоспособных КА на орбитах составляет 10-11 вместо номинальных 24. При этом использование системы для навигации возможно лишь в течение 20...30% времени суток при ухудшенной точности. При однократном запуске трех КА в год можно рассчитывать на появление к 2008 году группировки из 15-18 КА, и лишь к 2011 году возможно воссоздание полной группировки из 24 КА с перспективой передачи стандартного сигнала в диапазоне L2 (а затем и L3) при соответствующем увеличении точности навигационных определений в 2 - 2,5 раза.

При таком положении невозможно обеспечить независимость и суверенитет страны в решении задач точного навигационно-временного обеспечения процессов управления транспортом, энергетических и телекоммуникационных систем и национальной безопасности. Из этого следует однозначный вывод о необходимости усиления работ по воссозданию полной орбитальной группировки СРНС ГЛОНАСС и поддержанию ее на требуемом уровне надежности.

Кроме того, существующие методы и технологии эфемеридно-временного обеспечения (ЭВО) и контроля целостности ГЛОНАСС также не соответствуют современным подходам, реализуемым в GPS и, в будущем, в Галилео. Все это ведет к тому, что качество навигационного обеспечения (точность, доступность, целостность) с помощью ГЛОНАСС заметно уступает характеристикам, реализуемым по сигналам GPS и Галилео (при ее развертывании в 2008 г).

В стране проводятся мероприятия по созданию локальных дифференциальных подсистем (ЛДПС). Создан и находится в опытной эксплуатации ряд морских ЛДПС, проводятся работы по установке дифференциальных станций ГНСС в п.п. Астрахань и Туапсе и др. В соответствии с ФЦП на побережье России к 2005 году планируется установить 32 опорные станции дифференциальных поправок. Соответствующие планы имеются по оборудованию и внутренних водных путей.

Проведены предварительные работы и запланировано в ОКР «АВИА БОРТ-А, В1, В2», «АВИА Связь-АВ», «АВИА Станция-В», «АЗН-В», «Региональная система», «Поправка» и других ФЦП создание технических средств для авиационных локальных и региональных функциональных дополнений и автоматического зависимого наблюдения (АЗН-В), а также работы по их внедрению для авиации.

Предполагается проведение исследований по определению облика функциональных дополнений для железнодорожного транспорта, планируется разработка аппаратуры геодезической контрольно-корректирующей станции ГНСС (ОКР «СДГС») и создание сети спутниковых дифференциальных геодезических станций (СДГС) на базе наблюдений спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС.

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. Основой системы является совокупность дифференциальных подсистем ГЛОНАСС/GPS, образованных 28 контрольными станциями (КС) и парком аппаратуры пользователей, которые управляются вычислительным центром. Система первого этапа создана в составе 22 КС, расположенных в гг. Москве, Сергиевом Посаде, Ногинске, Бронницах, Климовске, Звенигороде, Солнечногорске и др.

В рамках ФЦП планируются и проводятся работы, предполагающие создание функциональных дополнений СРНС также на основе импульсно-фазовых РНС «Чайка» (ОКР «Чайка-СНС», «Квиток-4С-К»), и рассматриваются вопросы создания широкозонных (как вариант, глобальных) систем контроля целостности и диффкоррекции (ОКР «Метрика-2015» и др.).

Тем не менее, в настоящее время в стране преимущественно используется навигационное поле системы GPS, которая продолжает энергично модернизироваться. С этого года начинает вводиться гражданский сигнал на частоте L2, а с 2006 г. – на частоте L5. Можно ожидать начало этапа двухчастотной навигации уже в 2008 году, при этом на орбитах должны быть размещены 18 спутников, передающих гражданский сигнал на частоте L2. Аналогично, следует ожидать трансляции сигнала L5 с 18 спутников ориентировочно в 2012 году. Использование двух частот и повышение точности определения псевдодальностей позволит практически вдвое улучшить точность определения координат в номинальном режиме.

После 2008 г. ожидается ввод в строй Европейской СРНС Галилео с высокими точностными и надежностными характеристиками, не уступающими аналогичным показателям GPS. Галилео, также как и GPS, должна иметь канал открытого доступа.

Практическое значение, особенно для отечественной авиации, имеют возможности создания и использования полей повышенной точности на основе сигналов широкозонных ДПС систем EGNOS и MSAS или их российских аналогов.

Отмечается, что совместное использование созвездий ГЛОНАСС, GPS и Галилео, как элементов перспективной ГНСС, позволит дополнительно практически в два раза повысить точность до единиц метров по высоте и довести реализуемую доступность, целостность и непрерывность навигационных определений до уровня, позволяющего обеспечить, например, заход на посадку воздушных судов в условиях, приближающихся к погодным условиям I-й категории ИКАО.

Совет особо отмечает, что широкое использование приемников СРНС требует также безотлагательного решения вопроса снижения ограничений на точность навигационных определений.

Совет считает необходимым уделить особое внимание решению проблемы обеспечения гарантированной работы спутниковых средств в условиях организованных и непреднамеренных помех, для чего продолжить работы по комплексному использованию спутниковой информации и данных автономных и других радиотехнических навигационных систем, созданию бортовых средств подавления помех, углубленному изучению источников помех; приступить к разработке средств их выявления, локализации и подавления, а также создания систем оповещения о помехах пользователей СРНС.

Совет постановляет:

1. Считая спутниковую навигационную систему ГЛОНАСС основой перспективного радионавигационного обеспечения страны, обратиться в

государственные органы с целью усиления поддержки мероприятий по воссозданию и модернизации орбитальной группировки ГЛОНАСС за счет новых запусков на орбиты КА повышенной надежности, выпуску потребительской аппаратуры, а также модернизации наземного сегмента управления за счет перехода к современным методам эфемеридно-временного обеспечения и контроля целостности.

2. Не снижая внимания к системе ГЛОНАСС, рекомендовать предприятиям и организациям ФАП, изготовителям аппаратуры и потребителям приступить к проработке вопросов создания многосистемной аппаратуры потребителей, соответствующей направлениям развития системы GPS и строительства системы Галилео, а также продолжить работы по созданию российской федеральной службы контроля качества навигационных полей GPS и Галилео.
3. Рекомендовать предприятиям и организациям Минтранса и связи и ФКА продолжить работы по уточнению концепции использования сигналов систем EGNOS и MSAS в интересах отечественных потребителей. Продолжить работы по оценке целесообразности создания отечественной широкозонной (глобальной) дифференциальной системы.
4. Рекомендовать рассмотреть вопросы создания отечественных ЛДПС посадки в интересах авиации всех ведомств на заседании секции воздушного транспорта РОИН.
5. Рекомендовать руководству Минобороны и других силовых ведомств ускорить проведение необходимых мероприятий, позволяющих решить вопросы по снижению ограничений на точность навигационных определений.
6. Рекомендовать руководству ФКА, Минтранса и связи РФ рассмотреть вопрос о внесении в ФЦП предложений по углубленному изучению источников помех СРНС, созданию бортовых средств их подавления, средств выявления и локализации помех, соответствующих баз данных, а также об организации систем оповещения потребителей о помехах.
7. Рекомендовать потребителям спутниковой информации транспортного комплекса РФ обратить внимание на необходимость усиления внимания к вопросам комплексного использования спутниковой информации и данных автономных и других радиотехнических навигационных систем в интересах повышения непрерывности и надежности навигационных определений.
8. Рекомендовать исполкому РОИН обратиться к руководству Роскартографии и ВТУ ГШ ВС РФ с предложением провести совместное совещание по обсуждению перспектив использования в стране систем координат WGS-84 и ITRF для навигационного обеспечения.
9. НТЦ «Интернавигация» использовать рекомендации заседания при разработке новой редакции Российского радионавигационного плана.

Научно-технические статьи, обзоры, рефераты

**Комплекс средств измерений для испытаний
аппаратуры потребителей космических навигационных
систем ГЛОНАСС и GPS**

С.И. Донченко, О.В. Денисенко¹, В.М. Царев, В.П. Волченков

Многочисленная номенклатура аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, делится на две основные группы:

- спутниковую геодезическую аппаратуру (СГА), работающую в дифференциальном и относительном режимах с использованием как кодовых, так и фазовых измерений, и обеспечивающую высокоточные определения приращений координат между точками установки антенн приемников;
- спутниковую навигационную аппаратуру (СНА), предназначенную для определения координат местоположения и вектора скорости потребителя в глобальной системе координат и работающую в кодовом режиме.

Согласно статье 13 Закона РФ «Об обеспечении единства измерений», СНА и СГА являются средствами измерений (далее – СИ) и их создание, и применение является объектом государственного регулирования. Эти СИ должны подвергаться государственному метрологическому контролю и надзору, который включает:

- проведение испытаний с целью утверждения типа средств измерений в соответствии ПР 50.2.009 и (или) ГОСТ РВ 8.560-95;
- периодическую поверку СИ в процессе использования;
- лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению и ремонту СИ;
- контроль над выпуском, состоянием и применением СИ.

Приказом Федеральной службы геодезии и картографии России, Министерства обороны Российской Федерации, Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 25 сентября 2001 года введен в действие «Порядок сертификации и использования спутниковой геодезической аппаратуры», соответствующий требованиям указанной выше статьи Закона.

СНА авиационного, морского и транспортного применения после обязательной сертификации с целью утверждения типа ее как средства измерений, может подвергаться сертификации по соответствующим ведомственным или международным правилам (например, на соответствие требованиям безопасности судоходства).

¹ С.И. Донченко – к.т.н., начальник управления 32 ГНИИИ МО РФ.
О.В. Денисенко – к.т.н., с.н.с. 32 ГНИИИ МО РФ.

При проведении испытаний СНА и СГА необходимо использовать методы и средства измерений, определенные методиками испытаний и достаточные для достоверного определения метрологических характеристик.

Средства измерений, применяемые для испытаний СНА и СГА, должны также пройти испытания, иметь сертификат об утверждении типа, быть включены в Государственный реестр средств измерений (специальный раздел) и поверены в соответствии с ПР 50.2.006. Соответственно, организация, проводящая испытания, должна быть аккредитована на право испытаний для целей утверждения типа СНА и СГА.

Испытательная лаборатория «Интернавигация – ТЕСТ» ФГУП НТЦ «Интернавигация», в соответствии с общегосударственными требованиями ПР 50.2.010-94, аккредитована в качестве испытательной лаборатории средств измерений – спутниковой навигационной и геодезической аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS в системе «ВОЕНТЕСТ» 32 Государственного научно-исследовательского испытательного института Министерства обороны Российской Федерации (№ 30107-04 в Реестре испытательных лабораторий средств измерений). Для выполнения высокоточных измерений, используемых при испытаниях СНА и СГА, в испытательной лаборатории «Интернавигация – ТЕСТ» создан комплекс средств испытаний аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS (далее – комплекс). Структура комплекса представлена на рис. 1.

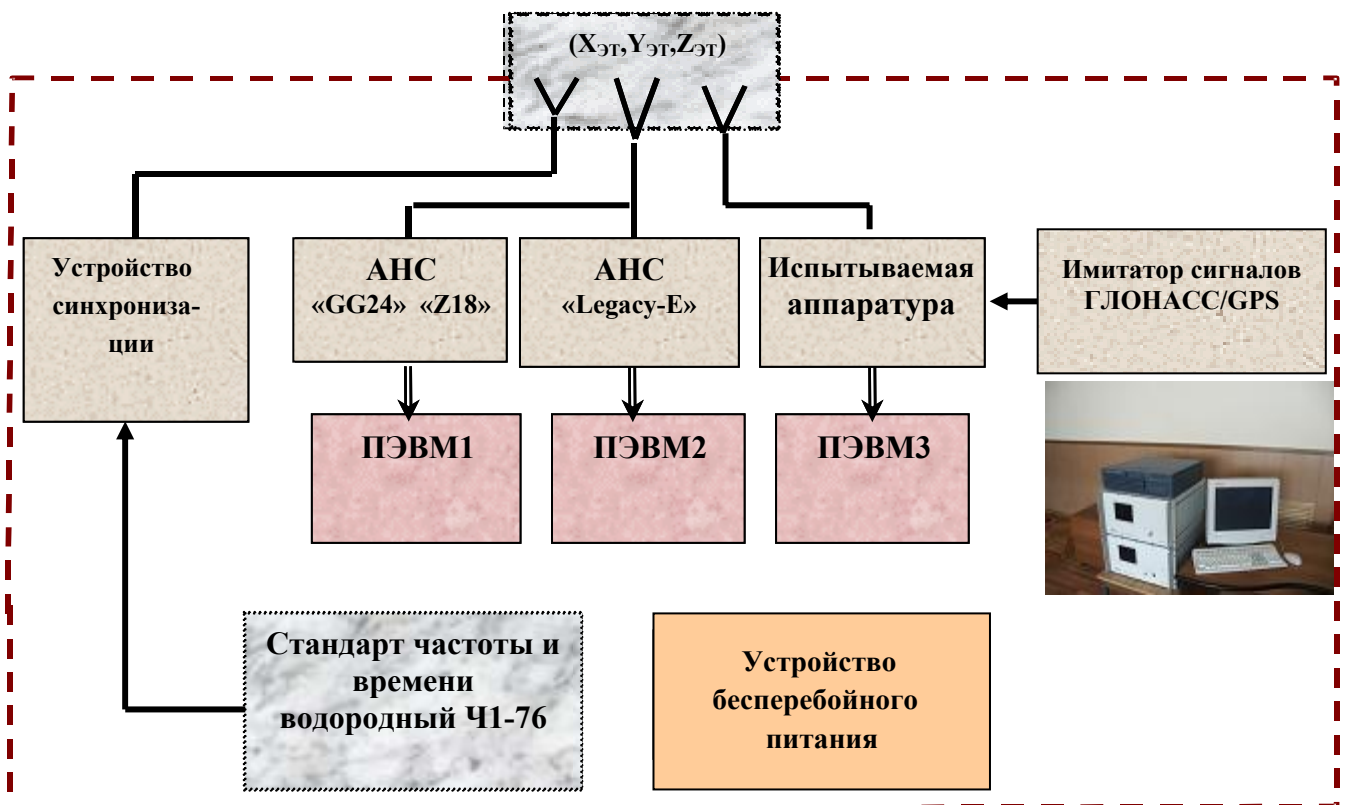


Рис. 1.

Комплекс обеспечивает определение основных параметров СНА и СГА. Эти параметры и перечень соответствующих средств измерений представлены в табл.1

Основной составляющей комплекса является имитатор сигналов ГЛОНАСС и GPS (далее – имитатор), предназначенный для проведения измерений метрологических характеристик СНА, а также проверки ее соответствия заданным техническим требованиям на этапах разработки, сертификации, производства и эксплуатации. Имитатор выполняет формирование полных навигационных радиосигналов космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS и формирует дальномерный код и информационное сообщение в структуре ПТ (пониженной точности) кода системы ГЛОНАСС (диапазон частот F1, литеры от «минус» 7 до 24) и C/A- и P- кодов системы GPS (частота L1) в полном соответствии с интерфейсными документами: ИКД «Глонасс» (4-я редакция) и ICD-GPS-200C.

Имитатор позволяет моделировать с заданными погрешностями спутниковую группировку ГЛОНАСС/GPS, условия распространения сигналов и движение потребителя.

Важной особенностью формирования навигационных сигналов имитатором является возможность формирования как спутниковой группировки без погрешностей - «идеальной группировки», так и «реальной группировки» - с погрешностями присущими реальным космическим аппаратам. «Идеальная группировка» может быть использована для определения аппаратурной погрешности СНА и СГА, что важно на этапе разработки аппаратуры. «Реальная группировка» позволяет максимально приблизить испытания, проводимые на имитаторе, к натурным. «Реальная группировка» может быть получена моделированием погрешностей положения спутника на орбите (эфемеридной погрешности), погрешностей синхронизации шкал времени спутников относительно соответствующих системных шкал времени ГЛОНАСС и GPS (погрешностей частотно-временных поправок), погрешностей (задержек) ионосферы, тропосферы. Для имитации переотражения сигналов предусмотрен режим многолучевости.

С помощью имитатора сигналов можно проводить моделирование движения таких объектов, как автомобиль, судно, самолет, космический аппарат с учетом присущих скоростей, ускорений, высот, перегрузок и т.д. Динамический предел моделирования: скорости - 120 000 м/с, ускорения – 360 g.

Для оценки погрешности СНА в дифференциальном режиме, имитатор позволяет моделировать дифференциальные поправки к беззапросным дальностям до космических аппаратов в формате RTCM SC-104 имитируя контрольно-корректирующую станцию, а также сигналы широкозонных дифференциальных подсистем GEO.

Имитатор сигналов ГЛОНАСС и GPS в 2004 году сертифицирован как средство измерения и имеет сертификат об утверждении типа GB.E.33.018.A № 17353.

Средства измерений из состава комплекса, кроме того, позволяют формировать шкалу координированного времени UTC (устройство частотно-временной синхронизации), а также производить высокоточные спутниковые измерения, в части измерений беззапросных дальностей до космических аппаратов и конечных навигационных решений. Все средства измерений прошли испытания для целей утверждения типа и имеют сертификаты.

Таблица 1

Измеряемые (проверяемые) для СНА величины	Средства измерений	
	Наименование, тип	Основные характеристики
1. Погрешность измерения координат местоположения: - на стоянке	Геодезический пункт – рабочий эталон координат в системе WGS-84, ПЗ-90, СК-42	Среднеквадратическая погрешность определения координат относительно пунктов сети IGS не более 0,017 м, разность координат при передаче от двух исходных пунктов ГСВЧ не более 0,03 м
- в движении	Имитатор сигналов ГЛОНАСС и GPS	Погрешность формирования беззапросной дальности до КА не более $\pm 0,1$ м
2. Погрешность измерения скорости	Имитатор сигналов ГЛОНАСС и GPS	Погрешность формирования скорости объекта не более $\pm 0,02$ м/с
3. Погрешность синхронизации к координированной шкале времени UTC	Устройство частотно-временной синхронизации по сигналам спутниковой навигационной системы GPS «Quartzlock A8-B»	Пределы допускаемой погрешности (с доверительной вероятностью 0,95) синхронизации к координированной шкале времени UTC ± 300 нс

Таким образом, в настоящее время на базе лаборатории «Интернавигация-ТЕСТ» ФГУП НТЦ «Интернавигация» 32 ГНИИИ МО РФ создан и эксплуатируется комплекс средств измерений, который позволяет обеспечить достоверную проверку точностных характеристик СНА и СГА при проведении ее испытаний и сертификации. Комплекс может быть использован при проведении Государственных приемочных испытаний различных образцов СНА и СГА.

Учитывая взаимную заинтересованность, между 32 ГНИИИ МО РФ и ФГУП НТЦ «Интернавигация» подписано Соглашение и утверждена Программа совместной деятельности по испытаниям и сертификации навигационной аппаратуры потребителей (НАП) и спутниковой геодезической аппаратуры (СГА) космических навигационных систем.

**Анализ характеристик канала передачи информации,
использующего различные методы модуляции
навигационного сигнала ИФРНС**

**С.Б. Писарев, А. В. Балов, В.С. Жолнеров,
С. Н. Малюков, Б.В. Шебшаевич**

One of the problems in creation of Integrated Radio Navigation System (IRNS) (that includes ground - and space- based RNS) is the problem of the data channel optimization for transmitting differential corrections for DGLONASS/DGPS subsystems.

Various methods of Loran-C/Chayka navigation signal modulation are investigated for increasing an effective data rate.

The possibility of significant increasing of a data rate concerning a standard Eurofix format is shown without decreasing of a system availability and integrity parameters. The realization of this possibility will not require an addition designing for the existing data channel equipment. At the same time it is shown, that application of interpulse- frequency modulation (FIM) does not give an essential advantages before pulse-position modulation (PPM) Loran-C/Chayka signals which could justify expenses of time and a means for retrofit works of the equipment and software.

Одним из путей совершенствования радионавигационных систем на современном этапе является формирование интегральной радионавигационной системы (ИРНС) [1, 2, 6, 7], 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 [8, 12, 13, 16, 18, ..., 24, 29, 30]. Из них на сегодняшний день наибольший интерес представляет система Еврофикс, в отношении которой не только проведена широкая экспериментальная проверка, но и поставлена задача практической реализации в рамках цепей «Лоран-С», входящих в Северо-западную европейскую систему «Лоран-С» (NELS).

В системе Еврофикс передача информации обеспечивается путем трехуровневой манипуляции задержки (фазы) шести последних импульсов с нулевой суммой индексов модуляции в каждой пачке сигнала «Лоран-С». Информационные сообщения передаются стандартными пакетами из 30 пачек сигнала «Лоран-С», в каждом из которых восемь пачек занимает информация, две пачки – циклический корректирующий код (CRC) и двадцать пачек – корректирующий код Рида-Соломона. Международный союз электросвязи опубликовал проект рекомендаций [31] по использованию при передаче информации метода модуляции навигационных сигналов

ИФРНС, принятого в Еврофикс. В связи с этим представляется целесообразным провести сравнительный анализ характеристик системы Еврофикс, в первую очередь с точки зрения их влияния на помехоустойчивость и производительность тракта передачи информации. Ранее такой анализ уже проводился в [3, 8], где в первую очередь обращалось внимание на низкую скорость передачи информации при использовании сигнала в формате Еврофикс.

В интегральной системе радионавигации основным назначением тракта передачи информации, использующего навигационный сигнал ИФРНС, является передача контрольно-корректирующей информации (ККИ), необходимой для работы дифференциальных подсистем спутниковых РНС (ДСРНС).

Рассмотрим помехоустойчивость и производительность тракта передачи информации, использующего навигационный сигнал ИФРНС, и такие характеристики ИРНС, как доступность, целостность и временная декорреляция дифференциальных поправок ДСРНС. Очевидно, что временная декорреляция дифференциальных поправок ДСРНС будет тем меньше, чем выше скорость передачи необходимого объема информации при требуемых характеристиках помехоустойчивости. При этом с точки зрения обеспечения требуемых характеристик доступности ИРНС нужно учитывать следующие обстоятельства.

Согласно [11, 15, 25], доступность ИРНС для основной массы потребителей должна быть не хуже, чем 0,999. Поскольку рассматриваемая система передачи информации является лишь одной из подсистем ИРНС, ее вклад не должен превышать достаточно малой доли в допустимых нарушениях доступности ИРНС в целом. Тогда можно принять, что доступность рассматриваемой подсистемы передачи информации (под которой в нашем случае следует понимать вероятность правильной передачи информации по четырем НКА) должна быть не хуже, чем 0,9999.

В соответствии с определениями, приведенными в [11, 15, 25], уровень целостности РНС характеризуется, в частности, вероятностью обнаружения неисправности и вероятностью наличия информации, вводящей в заблуждение. Очевидно, что применительно к системе передачи информации ее влияние на целостность системы будет в основном определяться вторым параметром, который при наиболее жестких требованиях [11, 15] ограничен значением вероятности приема ложного сигнала

$$P_{л.с.} \leq P_{доп} = 3,3 \cdot 10^{-7}.$$

Обозначим вероятность ошибки приема единичного символа (импульса) – P_o , которая для случая различения фазоманипулированных сигналов, равна [10]:

$$P_o \leq 1 - \Phi\left(\sqrt{Q(1 - \cos\varphi_M)}\right), \quad (1)$$

где Φ - интеграл вероятности, φ_M - разность фаз различаемых сигналов, Q – отношение сигнал/шум по мощности.

Тогда вероятность ошибки P_c при приеме одной посылки из 6 импульсов (символов) будет равна [5]

$$P_c = 1 - (1 - P_0)^6 \quad (2)$$

При приеме сообщений, содержащих корректирующие коды Рида-Соломона, будут исправлены все ошибочно принятые слова, при условии, что число таких слов (кратность ошибок) не превышает [4, 9].

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

где: $n + j$ - число слов в сообщении,

m - число информационных слов и

j - число слов корректирующего кода Рида-Соломона.

Соответственно, будут гарантированно обнаружены [4, 9] все ошибки в сообщении кратностью $2K$.

Тогда, согласно [5], вероятность правильного приема сообщения определяется как:

$$P_{\text{пр}}(n, k) = (1 - P_c)^n + \sum_{i=1}^k C_n^i \cdot P_c^i (1 - P_c)^{n-i}, \quad (3)$$

а вероятность ошибок кратностью $> 2K$

$$P_{\text{н.о.}}(n, l) = \sum_{i=j+1}^n C_n^i \cdot P_c^i (1 - P_c)^{n-i} \quad (4)$$

где C_n^i - число сочетаний без повторов.

Согласно [9], если число ошибок в сообщении $b > j$, то из общего числа таких сообщений доля ошибочно декодированных - μ будет равна:

$$\mu = \frac{1}{g^j}, \quad (5)$$

где g - характеристика поля Галуа, над которым формируется образующий код Рида-Соломона.

Следовательно, вероятность принятия ложного сообщения

$$P_{\text{л.с.}} = \mu \cdot P_{\text{н.о.}} \quad (6)$$

Кроме того, необходимо отметить, что вероятность правильного приема информации по четырем НКА

$$P_4 = P_{\text{пр}}^z, \quad (7)$$

где z - число сообщений, содержащих необходимую информацию от 4 НКА.

С учетом введенных определений рассчитаем согласно (1) - (7) значения P_c , $P_{\text{н.о.}}$, P_4 при трех значениях отношения сигнал/шум по напряжению - 5, 7, 13, а также время T_4 , необходимое для передачи информации по 4 НКА при максимальном периоде

следования пачек импульсов сигнала ИФРНС 100 мс для описываемых ниже вариантов передачи информации.

1. Варианты времяимпульсной модуляции (PPM)

Первый вариант.

Передача информации осуществляется в формате Еврофикс. Основание кода временной (фазовой) манипуляции – 3. Глубина модуляции – $T_m=1$ мкс ($\phi_M=36^0$). Формат сообщения: 10 информационных слов, в том числе 2 слова циклического кода, и 20 слов кода Рида-Соломона. Всего 30 слов ($n=30, m=10, j=20$). Каждое слово из семи бит передается посылкой из шести последних импульсов пачки сигнала ИФРНС.

Полный информационный объем сообщения: 56 бит полезной информации, 14 бит циклического кода, 140 бит кода Рида-Соломона. Характеристика поля Галуа $g=2^7=128$. При передаче ККИ для ДСРНС в каждом сообщении передается информация об одном НКА в кадре, подобном [27] кадру 9 RTCM: 16 бит – преамбула и Z-счет, 40 бит – ККИ для одного НКА. Для передачи ККИ по 4 НКА необходимо передать 4 сообщения ($z=4$). Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

с/ш	P_c	P_4	$P_{н.о.}$	T_4 (сек)
5	$8,33e-2$	$0,9_{(4)}75$	$1,46e-16$	12
7	$6,60e-3$	$0,9_{(16)}49$	$2,19e-39$	
13	$7,2e-8$	≈ 1	$5,65e-133$	
Примечание: $0,9_{(4)}$ - число аналогичных знаков, идущих подряд				

Второй вариант.

Передача информации осуществляется с сохранением основных параметров сигнала Еврофикс при следующих изменениях, обеспечивающих $P_4 \geq 0,9999$. Формат сообщения: 8 информационных слов и 18 слов кода Рида-Соломона. Всего 26 слов ($n=26, m=8, j=18$). Информационный объем сообщения: 56 бит полезной информации, 126 бит кода Рида-Соломона. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

с/ш	P_c	P_4	$P_{н.о.}$	T_4 (сек)
5	$8,33e-2$	$0,9_{(4)}73$	$1,15e-15$	10,4
7	$6,60e-3$	$0,9_{(15)}24$	$2,35e-36$	
13	$7,2e-8$	≈ 1	$4,91e-121$	

Третий вариант.

Передача информации осуществляется с сохранением основных параметров сигнала по второму варианту при следующих условиях, обеспечивающих $P_4 \geq 0,9999$. Формат сообщения: 26 информационных слов и 26 слов кода Рида-Соломона. Всего 52 слова ($n=52, m=26, j=26$). Информационный объем сообщения: 182 бита полезной

информации, 182 бита кода Рида-Соломона. При передаче ККИ для ДСРНС в каждом сообщении передается информация о четырех НКА в общем кадре (кадр 9.4): 16 бит – преамбула и Z-счет, $160=4 \times 40$ бит – ККИ по четырем НКА, 6 бит - резерв. Для передачи ККИ по 4 НКА необходимо одно сообщение ($z=1$). Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

с/ш	P_c	P_4	$P_{н.о.}$	T_4 (сек)
5	$8,33e-2$	$0,9_{(4)}35$	$4,25e-16$	5,2
7	$6,60e-3$	$0,9_{(15)}58$	$5,46e-45$	
13	$7,2e-8$	≈ 1	$2,79e-165$	

Четвертый вариант.

Передача информации осуществляется с сохранением основных параметров сигнала по третьему варианту при изменении основания кода временной (фазовой) манипуляции с 3 на 5. Формат сообщения: 18 информационных слов и 22 слова кода Рида-Соломона. Всего 40 слов ($n=40, m=18, j=22$). Каждое слово из десяти бит передается посылкой из шести последних импульсов пачки сигнала ИФРНС. Информационный объем сообщения: 180 бит полезной информации, 220 бит кода Рида-Соломона. Характеристика поля Галуа $g=2^{10}=1024$. При передаче ККИ для ДСРНС в каждом сообщении передается информация о четырех НКА в кадре, подобном кадру 9.4: 16 бит – преамбула и Z-счет, $160=4 \times 40$ бит – ККИ по четырем НКА, 4 бита - резерв. Для передачи ККИ по 4 НКА необходимо одно сообщение ($z=1$). Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4

с/ш	P_c	P_4	$P_{н.о.}$	T_4 (сек)
5	$8,33e-2$	$0,9_{(4)}32$	$3,23e-15$	4,0
7	$6,60e-3$	$0,9_{(16)}68$	$5,63e-40$	
13	$7,2e-8$	≈ 1	$1,85e-142$	

Анализ данных, приведенных в табл. 1 – табл. 4, показывает, что во всех четырех вариантах передачи информации по радионавигационному каналу ИФРНС уже при отношении $c/\text{ш} = 5$ удовлетворяется требование по доступности: $(P_4^{(1)} - P_4^{(4)}) > 0,9999$. Кроме того, даже без учета (5) и (6), во всех четырех случаях уже при $c/\text{ш} = 5$ $P_{н.о.} \ll P_{\text{доп}} = 3,3 \cdot 10^{-7}$, и, следовательно, во всех четырех случаях обеспечивается выполнение требований по доступности и целостности ИРНС.

При этом наименьшая скорость передачи информации имеет место при использовании формата сигнала Еврофикс, а при переходе от первого к четвертому варианту передачи информации она последовательно возрастает.

Введем понятия минимальных значений технической и эффективной скоростей передачи информации: $V_{\text{тех}}$ и $V_{\text{эфф}}$.

$V_{\text{тех}}$ – техническая скорость передачи информации при заданных параметрах модуляции сигнала и минимальной частоте следования пачек импульсов радионавигационного сигнала ИФРНС, равной 10 пачек в секунду;

$V_{\text{эфф}}$ – эффективная скорость передачи только полезной информации при тех же условиях для случая передачи ККИ дифференциальной подсистемы СРНС.

В табл. 5 приведены значения $V_{\text{тех}}$ и $V_{\text{эфф}}$ для четырех рассмотренных выше вариантов. В табл. 5 приведены также значения $\eta = V_{\text{эфф}}/ V_{\text{тех}}$ и $\rho = V_{\text{эфф} i}/ V_{\text{эфф} 1}$

Таблица 5

Вариант	I	II	III	IV
$V_{\text{тех}}$ (бод)	70	70	70	100
$V_{\text{эфф}}$ (бод)	14,67	16,92	33,85	44
η	0,21	0,24	0,48	0,44
ρ	1,0	1,15	2,31	3,0

Анализ данных, приведенных в табл.1 – табл. 5, показывает, что при условии обеспечения требуемых значений доступности и целостности ИРНС, вариант I имеет наименьший коэффициент η , наименьшую эффективную скорость передачи информации $V_{\text{эфф}}$ и наибольший уровень временной декорреляции дифференциальных поправок ДСРНС. Наилучшие значения параметров обеспечиваются при третьем и четвертом вариантах передачи информации.

$V_{\text{эфф}}$ возрастает по отношению к варианту системы Еврофикс в 2,3 раза в третьем и в 3 раза в четвертом вариантах. При этом третий вариант (при трехуровневой фазовой манипуляции) обеспечивает увеличение $V_{\text{тех}}$ до 70 бод, а четвертый вариант (при пятиуровневой фазовой манипуляции) обеспечивает увеличение $V_{\text{тех}}$ до 100 бод.

Результаты проведенного анализа показывают неоптимальность использования при передаче информации трехуровневой временной (фазовой) манипуляции сигнала «Лоран-С» в формате Еврофикс, описанном в рекомендации Международного союза электросвязи [31].

2. Варианты внутриимпульсной частотной модуляции (IFM)

В ряде работ [23, 24, 29, 30] рассматривается возможность построения канала передачи данных, основанная на внутриимпульсной частотной модуляции несущей импульсов сигнала ИФРНС. При этом в качестве основной задачи формулируется высокоскоростная передача данных, обеспечивающая передачу по радионавигационному тракту ИФРНС сигнала SBAS.

В качестве основных предпосылок и ограничений для реализации IFM используются следующие условия:

- изменение частоты (фазы) несущей должно происходить после точки взятия навигационного отсчета (≥ 30 мкс после начала импульса ИФРНС);
- при частотной (фазовой) модуляции 90% излучаемой мощности передатчика должно оставаться в полосе частот 100 ± 10 кГц;
- в пределах каждого импульса ИФРНС должно обеспечиваться получение 4/16 уровней фазовой модуляции с кодовым расстоянием $\varphi_m \geq 90\%$;
- модулируются только 6 последних импульсов пачки радионавигационного сигнала ИФРНС.

Рассмотрим характеристики еще двух вариантов построения канала передачи данных с использованием внутриимпульсной частотной (фазовой) модуляции.

Пятый вариант.

Этот вариант впервые предложен в [23, 24]. Он основан на использовании 16-ти уровневой фазовой модуляции. При этом для определения уровня информационной посылки (1 – 16) используются два измерения фазы несущей в пределах каждого импульса. Соответственно, вероятность ошибки приема единичной информационной посылки в этом случае будет

$$P_0 = 1 - (1 - P_{01})(1 - P_{02}), \quad (8)$$

где P_{01} и P_{02} определены согласно (1).

В данном варианте каждой информационной посылкой передается группа из 4 двоичных бит, к которой и относится значение P_0 , определенное в (8).

Отметим, что, если в предыдущих вариантах полоса приемника информации должна быть согласована с длительностью и формой радионавигационного импульса ($\approx 4 - 6$ кГц), то в рассматриваемом случае полоса измерителя ограничивается снизу временем стационарного состояния первого информационного уровня фазы несущей и не может быть выбранной меньшей, чем 15 – 17 кГц. Следовательно, при прочих равных условиях значение отношения сигнал/шум по мощности Q в (1) в рассматриваемом случае будет примерно в 2 – 4 раза хуже, чем при первых четырех вариантах PPM.

Последующий анализ характеристик канала передачи информации для пятого варианта модуляции проведем для двух случаев, когда:

по каналу передается сообщение, формат которого полностью соответствует сообщению типа 2 – 5 системы WAAS [26];

по каналу передается сообщение, информационная составляющая которого соответствует информационной составляющей сообщения типа 2 – 5 системы WAAS, а обнаружение и коррекция ошибок осуществляется с использованием кодов Рида-Соломона.

Сообщения типа 2 – 5 системы WAAS (быстрые поправки) содержат 250 бит, в том числе 226 бит – преамбула, тип кадра и ККИ для 13 НКА, и 24 бита – циклический корректирующий код CRC - 24Q. Для передачи 250 бит информации при

рассматриваемом типе внутриимпульсной модуляции требуется использовать 11 пачек импульсов сигнала ИФРНС.

С учетом принятых выше определений и распространения P_0 на блок из 4 бит для первого случая в формулах (3) и (4) $n = 63$, $m = 57$, $j = 6$, $\mu \approx 2,4 \cdot 10^{-4}$.

Во втором случае с учетом специфики сигнала ИФРНС разобьем информационную часть сообщения типа 2 – 5 на $m = 10$ слов по 24 бита, каждое из которых передается с использованием одной пачки импульсов сигнала ИФРНС. Затем дополним их аналогичными по длине словами кода Рида-Соломона, сформированными над полем Галуа с характеристикой $g = 2^{24}$. Число слов кода Рида-Соломона $j = 8$ выбрано исходя из обеспечения ранее оговоренного условия $P_4 \geq 0,9999$. Соответственно, $n = m + j = 18$.

В каждом из сообщений передается ККИ для расположенных по порядку системных номеров 13 НКА. Следовательно, чтобы набрать ККИ для 4 произвольно взятых НКА, необходимо принять (если рассматривать только систему GPS) от одного до трех сообщений. При этом в обоих случаях получим медианное значение $z = 2$.

С учетом замечания о влиянии полосы пропускания измерителя на эквивалентное отношение сигнал/шум в целях обеспечения сравнимости результатов по всем рассмотренным вариантам расчет характеристик пятого варианта проведем для отношений $c/\text{ш} = 2,89; 4,04; 7,05$.

Результаты расчетов приведены для первого и второго случаев в табл. 6.1 и табл. 6.2. При этом в первом столбце в скобках даны соответствующие эквивалентные отношения $c/\text{ш}$ для первых четырех вариантов.

Таблица 6.1

с/ш	P_c	P_4	$P_{\text{н.о.}}$	T_4 (сек)
2,89 (5)	$3,852e-3$	$0,9_{(3)}78$	$5,764e-9$	2,2
4,04 (7)	$5,346e-5$	$0,9_{(11)}03$	$6,886e-22$	
7,54 (13)	$4,70e-14$	≈ 1	$2,8e-85$	

Таблица 6.2

с/ш	P_c	P_4	$P_{\text{н.о.}}$	T_4 (сек)
2,89 (5)	$2,289e-2$	$0,9_{(4)}16$	$6,956e-11$	3,6
4,04 (7)	$3,307e-4$	$0,9_{(13)}42$	$1,74e-27$	
7,54 (13)	$2,82e-13$	≈ 1	$5,48e-109$	

Из анализа данных, приведенных в табл. 6.1 и табл. 6.2, следует, что в случае точного копирования формата сигнала WAAS и соотношении $c/\text{ш} = 2,89$ в пятом варианте значение вероятности правильного приема информации по 4 НКА $P_4 = 0,99978$ меньше требуемого значения $P_4 \geq 0,9999$. В частности, для варианта V.1 (см. табл. 6.1) вероятность отказа от декодирования при приеме информации в 3,2 раза

выше, чем для варианта IV. Для варианта V.2 (табл. 6.2) требование $P_4 \geq 0,9999$ выполняется уже при $c/\text{ш} = 2,89$. Однако и в данном случае вероятность отказа от декодирования информации в 1,23 раза выше, чем для варианта IV. При этом повышение помехоустойчивости по сравнению с вариантом V.1 достигается за счет отказа от точного соблюдения формата сигнала WAAS.

В обоих случаях (V.1 и V.2) медианное время передачи необходимой информации по 4 НКА (T_4) при максимальном периоде следования пачек импульсов сигнала ИФРНС (100 мс) больше, чем время передачи той же информации в системе WAAS для варианта V.1 на 10%, а для варианта V.2 на 80%.

Следует отметить, что, как и для предыдущих четырех вариантов, для вариантов V.1 и V.2, даже без учета (5) и (6), уже при $c/\text{ш} = 2,89$ $P_{\text{н.о.}} \ll P_{\text{доп}} = 3,3 \cdot 10^{-7}$, что обеспечивает выполнение требования к необходимому уровню целостности ИРНС в целом.

Шестой вариант.

Как и в пятом варианте, рассматривается возможность повышения скорости передачи информации до уровня, обеспечивающего передачу по радионавигационному тракту ИФРНС сигнала SBAS.

Для этого предлагается, как в [29, 30], использовать одновременно как манипуляцию временной задержки (фазы) импульсов пачки сигнала ИФРНС (PPM), так и внутримпульсную частотную (фазовую) модуляцию несущей тех же импульсов (IFM).

В [30] рассматриваются комбинации различных по числу уровней PPM (3 и 5 уровней) и IFM (3 и 4 уровней). В рамках проводимого здесь анализа рассмотрим комбинацию пятиуровневой PPM и четырехуровневой IFM, при которой обеспечивается наиболее высокая скорость передачи информации.

В соответствии с процедурой, рассматриваемой в [29, 30], каждое информационное сообщение разбивается на информационные пакеты двух типов. Пакеты первого типа согласованы с объемом части информационного сообщения, передаваемого при использовании пятиуровневой PPM (10 бит на пакет). Пакеты второго типа согласованы с объемом информации, передаваемой при использовании четырехуровневой IFM (12 бит на пакет). Каждый из наборов пакетов первого и второго типов для обеспечения требуемой помехоустойчивости дополняется наборами слов кода Рида-Соломона, формируемыми над полями Галуа с характеристиками: для пакетов PPM – 2^{10} , для пакетов IFM – 2^{12} .

В силу того, что оба информационных потока (PPM и IFM) используются для передачи частей единого информационного сообщения, время передачи этих частей по каналу с модуляцией PPM и IFM должно быть сбалансировано (быть равным). Это накладывает соответствующие ограничения на объем информационной и

корректирующей составляющих общего объема передачи с использованием PPM и IFM сигнала ИФРНС.

В качестве информационного сообщения, как и ранее, будем рассматривать информационную часть кадров типа 2 – 5 WAAS объемом 226 бит. В соответствии с принятыми выше условиями полоса измерителя ограничена снизу значением: для канала PPM – ≈ 6 кГц, для канала IFM – ≈ 12 кГц. Следовательно, эквивалентному соотношению $c/\text{ш} = 5$ в канале PPM будет соответствовать $c/\text{ш} = 3,54$ и т.д. Аналогично вариантам I – IV и варианту V в этом варианте для PPM $\varphi_M = 36^\circ$, а для IFM $\varphi_M \geq 90^\circ$. Как и в варианте V, среднее число сообщений, которое необходимо принять для набора ККИ по 4 НКА (если рассматривать только систему GPS), $z = 2$. Исходя из условия обеспечения $P_4 \geq 0,9999$ и равенства периодов передачи с модуляцией PPM и IFM, выберем для канала PPM значения $n = 20$, $m = 4$, $j = 16$, а для канала IFM – $n = 20$, $m = 16$, $j = 4$.

Так как для передачи информационного сообщения используются каналы PPM и IFM,

$$P_4 = (P_{\text{pp1}} \cdot P_{\text{pp2}})^z, \quad (9)$$

где P_{pp1} и P_{pp2} – вероятность правильной передачи сигнала по каналу PPM и IFM, соответственно.

Аналогично $P_{\text{н.о.}}$ будет определяться как

$$P_{\text{н.о.}} = 1 - (1 - P_{\text{н.о.1}} \cdot P_{\text{н.о.2}})^z. \quad (10)$$

Результаты расчетов по шестому варианту приведены в табл. 7. При этом в первом и втором столбцах без скобок даны отношения $c/\text{ш}$ и значения P_c для канала PPM, а в скобках – соответствующие значения для канала IFM.

Таблица 7

$c/\text{ш}$	P_c	P_4	$P_{\text{н.о.}}$	T_4 (сек)
5 (3,54)	$8,36e-2(1,2e-3)$	0,9(4)68	$7,6e-11$	4,0
7 (4,95)	$6,6e-3(2,35e-6)$	0,9 ₍₁₂₎ 896	$2,22e-24$	
13 (9,19)	$7,2e-8(1,2e-19)$	≈ 1	$7,72e-91$	

Из анализа данных, приведенных в табл. 7, следует, что в шестом варианте уже при соотношении $c/\text{ш} = 3,54$ для IFM и эквивалентном $c/\text{ш} = 5$ для PPM обеспечивается выполнение требования $P_4 \geq 0,9999$. В частности, для варианта VI вероятность отказа от декодирования при приеме информации в 2,65 раза меньше, чем для варианта V.2, и всего в 1,28 раза больше, чем для варианта I. Как и для предыдущих пяти вариантов, для варианта VI, даже без учета (5) и (6), уже при $c/\text{ш} = 3,54$ для IFM $P_{\text{н.о.}} \ll P_{\text{доп}} = 3,3 \cdot 10^{-7}$, что обеспечивает выполнение требования к необходимому уровню целостности ИРНС. При этом требуемый уровень помехоустойчивости, как и в варианте V.2, достигается за счет отказа от точного соблюдения формата сигнала WAAS, а среднее время передачи необходимой информации по 4 НКА (T_4) при

максимальном периоде следования пачек импульсов сигнала ИФРНС больше, чем время передачи той же информации в системе WAAS, в 2 раза.

Как и для вариантов 1 – 4, определим для вариантов V.2 и VI значения $V_{\text{тех}}$ и $V_{\text{эфф}}$. При этом, как и ранее, при определении $V_{\text{эфф}}$ будем учитывать только полезную для потребителя информацию, передаваемую на конкретном интервале времени. Кроме того, при определении $V_{\text{эфф}}$ учтем также, что среднее число видимых потребителем НКА при диаграмме направленности антенны 150° равно 7 – 8, ККИ о которых (если рассматривать только систему GPS) передается в среднем (при соблюдении формата «быстрых» поправок WAAS) за два сообщения типа 2 – 5.

Результаты расчета $V_{\text{тех}}$ и $V_{\text{эфф}}$, сделанного для вариантов V.2 и VI с учетом вышеуказанных замечаний, приведены в табл. 8. Для сравнения во втором и третьем столбцах табл. 8 приведены данные вариантов I и IV. В третьей строке табл. 8 приведены значения $\eta = V_{\text{эфф}}/V_{\text{тех}}$. В четвертой строке табл. 8 приведены соотношения $\rho = V_{\text{эфф} i}/V_{\text{эфф} 1}$

Таблица 8

Вариант	I	IV	V.2	VI
$V_{\text{тех}}$ (бод)	70	100	240	220
$V_{\text{эфф}}$ (бод)	14,67	44	47,8	43
η	0,21	0.44	$\approx 0,20$	0,195
ρ	1,0	3,0	3,26	2,93

Анализ данных, приведенных в табл. 8, показывает, что при условии обеспечения требуемых значений доступности и целостности ИРНС варианты V.2 и VI не обеспечивают требуемой для передачи сигнала в формате WAAS скорости $V_{\text{тех}} = 250$ бод и имеют наименьший коэффициент η использования потенциальной производительности $V_{\text{тех}}$ тракта передачи информации.

В работах [24], [30] предлагается модифицировать форматы сообщений системы WAAS таким образом, чтобы обеспечить их передачу по радионавигационному тракту ИФРНС за интервалы времени, соответствующие принятым в системе WAAS. Однако подобный подход соответствует построению системы передачи информации по радионавигационному тракту ИФРНС, отличной (по форматам и структурам сообщений) от системы WAAS.

В связи с полученными результатами представляет интерес анализ использования IFM для передачи сигналов с форматами, основанными на рекомендациях RTCM SC-104 [27].

Для обеспечения сопоставимости результатов используем кадр, подобный кадру 9.4, занимающий при передаче 176 бит, в том числе 16 бит – преамбула и Z-счет, $160 = 4 \times 40$ бит – ККИ по четырем НКА. Рассматриваемые варианты передачи сигнала обозначим как V.3 и VI.1. В обоих случаях с учетом специфики сигнала ИФРНС

разобьем информационную часть сообщения типа 9.4 на m слов, каждое из которых передается с использованием одной пачки импульсов сигнала ИФРНС. Затем дополним их аналогичными по длине словами кода Рида-Соломона, сформированными над полем Галуа с соответствующими характеристиками g . В обоих случаях для передачи информации о четырех рабочих НКА требуется передача одного сообщения и, следовательно, $z=1$.

С учетом оговоренных условий и, исходя из требования $P_4 \geq 0,9999$, для варианта V.3 получим $g = 24$, $n = 16$, $m = 8$, $j = 8$. Это позволяет в одном сообщении передать 192 бита полезной информации (176 бит оговоренного сообщения и 16 бит – резерв). Результаты расчетов характеристик варианта V.3 построения канала передачи информации приведены в табл. 9.

Таблица 9

с/ш	P_c	P_4	$P_{н.о.}$	T_4 (сек)
2,89	2,289e-2	0,9 ₍₄₎ 78	1,71e-11	1,6
4,04	3,307e-4	0,9 ₍₁₃₎ 83	5,4e-28	
7,54	2,82e-13	≈ 1	1,29e-109	

Для варианта VI.1, как и ранее, положим, что оба информационных потока (PPM и IFM) используются для передачи частей единого информационного сообщения, время передачи этих частей по каналу с модуляцией PPM и IFM должно быть сбалансировано (быть равным). Кроме того, так как $z = 1$, в выражениях (9) и (10) отпадает необходимость возведения выражений в скобках во вторую степень. С учетом этих условий и выполнения требования $P_4 \geq 0,9999$ для варианта VI.1 получим для тракта PPM $n = 17$, $m = 3$, $j = 14$ (30 бит полезной информации), а для тракта IFM $n = 17$, $m = 13$, $j = 4$ (156 бит полезной информации). Всего такое построение информационного канала позволяет в одном сообщении передать 186 бит полезной информации (176 бит оговоренного сообщения и 10 бит – резерв). Результаты расчетов характеристик варианта VI.1 построения канала передачи информации приведены в табл. 10. Как и ранее, в первом и втором столбцах без скобок даны отношения с/ш и значения P_c для канала PPM, а в скобках – соответствующие значения для канала IFM.

Таблица 10

с/ш	P_c	P_4	$P_{н.о.}$	T_4 (сек)
5 (3,54)	8,36e-2(1,2e-3)	0,9 ₍₄₎ 698	1,52e-11	1,7
7 (4,95)	6,6e-3(2,35e-6)	0,9 ₍₁₂₎ 89	4,435e-25	
13 (9,19)	7,2e-8(1,2e-19)	≈ 1	1,54e-91	

Необходимо отметить, что в [8] предложен принцип модификации систем передачи информации, основанных на использовании PPM. Это позволяет обеспечить для пятиуровневой PPM (вариант IV_M) при $P_4 \geq 0,9999$ и $P_{н.о.} \ll P_{доп} = 3,3 \cdot 10^{-7}$ значения

$V_{\text{тех}} \approx 127,5$ бод и $V_{\text{эфф}} \approx 51,8$ бод, последнее из которых превышает $V_{\text{эфф}} = 47,8$ бод для варианта V.2 с использованием IFM.

Результаты расчета $V_{\text{тех}}$ и $V_{\text{эфф}}$, сделанного для вариантов V.3 и VI.1 с учетом вышеуказанных замечаний, приведены в табл. 11. Для сравнения во втором и третьем столбцах табл. 11 приведены данные вариантов I и IV_M.

Таблица 11

Вариант	I	IV _M	V.3	VI.1
$V_{\text{тех}}$ (бод)	70	127,5	240	220
$V_{\text{эфф}}$ (бод)	14,67	51,8	110	103,5
η	0,21	$\approx 0,41$	$\approx 0,46$	$\approx 0,47$
ρ	1,0	3,53	$\approx 7,5$	$\approx 7,06$

Анализ данных, приведенных в табл. 8 и табл. 11, показывает, что варианты V.3 и VI.1, по сравнению с вариантами V.2 и VI, обеспечивают значительное повышение потенциальной производительности тракта передачи информации. Это обусловлено отказом от соблюдения соответствия формата информационной составляющей кадров системы WAAS и переходом к форматам информационных сообщений, основанным на рекомендациях RTCM SC-104. Кроме того, скорость передачи информации в вариантах VI.1 и V.3 выше, чем в варианте I в 7 и 7,5 раза, соответственно, но при этом вариант IV_M уступает им по данному параметру всего в 2 и 2,12 раза.

Принятие решения об использовании той или иной системы передачи ККИ по тракту ИФРНС должно, в первую очередь, основываться на качестве обслуживания потребителей ИРНС. Результаты анализа различных вариантов модуляции сигнала ИФРНС показывают, что они все обеспечивают достижение необходимых уровней доступности и целостности ИРНС. Поэтому при выборе принципов построения системы передачи ККИ по тракту ИФРНС на первый план выходят два фактора: обеспечение требуемой точности координатно-временных определений и уровень материальных и финансовых затрат на реализацию той или иной системы.

В апреле 1999 г. были проведены испытания по определению координат в дифференциальном режиме СРНС GPS с передачей ККИ по радионавигационному тракту ИФРНС «Чайка» на трассе Карачев – Симферополь (≈ 950 км) [13, 22]. Формат сообщений целиком соответствовал формату системы Еврофикс (Вариант I в настоящем рассмотрении). Испытания проводились в условиях действия режима SA GPS, что существенно ухудшало, с учетом низкой скорости передачи ККИ в Еврофикс, условия временной декорреляции ККИ. При этом ошибки местоопределений составили [13, 22], в частности: в сеансе от 15.04.99 – $\leq 1,23$ м с вероятностью 0,68 и $\leq 2,19$ м с вероятностью 0,95; в сеансе от 16.04.99 – $\leq 1,32$ м с вероятностью 0,68 и $\leq 2,48$ м с вероятностью 0,95.

В [17] указывается, что на континентальной части США при типовых условиях измерения РНП среднеквадратическое отклонение (СКО) местоопределений с использованием сигналов WAAS составляет ≈ 1 м (с вероятностью 0,68).

Однако в материалах, определяющих гарантируемые значения погрешности местоопределений с использованием сигналов SBAS (WAAS или EGNOS), указывается, что погрешность местоопределений с вероятностью 0,95 будет лежать в пределах: для WAAS [14, 26] - 7,5 м, для EGNOS [20] – 7,7 м.

Все это позволяет утверждать, что в пределах зоны действия сигналов ИФРНС использование при передаче ККИ с форматом сигналов WAAS или EGNOS не дает, с точки зрения точности определения координат, никаких существенных преимуществ по сравнению с использованием при передаче ККИ форматов сигналов, основанных на рекомендациях RTCM SC-104.

С другой стороны, типовое значение пространственной декорреляции ККИ при одночастотном приеме сигналов СРНС составляет приблизительно $(2...3) \cdot 10^{-6} d$, где d – расстояние от передатчика ККИ до потребителя.

Типовая временная декорреляция ККИ в тех же условиях с вероятностью 0,68 лежит в пределах $(2...7)$ мм/с и в нормальных условиях не превышает 10 мм/с. Типовые максимальные значения составляющей ошибки за счет временной декорреляции с вероятностью 0,997 для рассматриваемых вариантов передачи ККИ по 8 НКА (среднее число рабочих НКА при одной СРНС) приведены в табл. 12.

Таблица 12

Вариант	I	III	IV	V.3	VI.1
Погрешность, м	0,34	0,15	0,11	0,045	0,048

Аналогичное значение составляющей ошибки за счет пространственной декорреляции в пределах рабочей зоны ИФРНС (500 км – 1000 км) составит $(1,25...2,5)$ м (11)

Из сравнения данных, приведенных в табл. 12 и выражении (11), видно, что для варианта I обе составляющих погрешности еще сравнимы. Для вариантов III и IV временная составляющая практически на порядок меньше пространственной составляющей. Для вариантов V.3 и VI.1 временная составляющая уже в 30 – 50 раз меньше пространственной составляющей декорреляции.

Начиная с варианта III, ошибки определения координат практически обусловлены только пространственной декорреляцией.

Это позволяет утверждать, что, с точки зрения точности определения координат, нет каких-либо значимых преимуществ использования IFM модуляции сигнала ИФРНС по сравнению с PPM.

Для осуществления передачи ККИ с использованием PPM по вариантам III и IV необходима доработка только программно-математического обеспечения (ПМО)

аппаратуры синхронизации и управления передающих станций и аппаратуры потребителей ИФРНС.

Для осуществления передачи ККИ с использованием IFM необходима доработка не только ПМО, но и аппаратуры синхронизации и управления передающих станций, собственно тиратронных или твердотельных передатчиков ИФРНС [24, 30], а также приемной аппаратуры. Потребуется также доработка антенн передающих станций и создание подсистем управления характеристиками антенн.

Как показывает проведенный выше анализ, для потребителей ИРНС могут быть обеспечены идентичные характеристики доступности, целостности системы и точности местоопределений как при РРМ, так и при IFM сигналов ИФРНС. Однако, построение канала передачи ККИ СРНС на основе IFM, по сравнению с РРМ, требует существенно более высоких материальных и финансовых затрат как на стадии реализации, так и в процессе эксплуатации системы.

Все это позволяет рекомендовать применение вариантов III и/или IV формирования сообщений при построении тракта передачи ККИ СРНС с использованием сигнала ИФРНС.

В заключение следует отметить, что в России в течение нескольких последних лет специалистами РИРВ успешно проводятся работы по практической реализации одного из вариантов модифицированного формата сигнала Еврофикс. Результаты натурных испытаний экспериментальной аппаратуры передачи данных неоднократно докладывались на различных научно-технических конференциях [32].

Литература

1. Аргунов А.Д., Малюков С.Н., Матюшенко А.Д., Михайлов С., Охинченко А. Формирование и применение интегрального радионавигационного поля. Сб. трудов НТК «Планирование глобальной радионавигации», НТЦ «Интернавигация», 1997
2. Аргунов А.Д., Малюков С.Н., Матюшенко А.Д. и др. Интегральная радионавигационная система. // «Радиотехника», № 9, 1998.
3. Аргунов А.Д., Малюков С.Н., Ляшко В.Н., Бабайкин Б.Ф. Система передачи информации, использующая навигационный сигнал ИФРНС. Сб. трудов НТК «Планирование глобальной радионавигации», НТЦ «Интернавигация», 1997.
4. Берлекамп Э. Алгебраическая теория кодирования. - М.: «Мир», 1978.
5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. - М.: «Наука», 1986.
6. Малюков С.Н., Писарев С.Б., Столярова С.А., Хотин А.А. Перспективы интегральной радионавигационной системы. «Радиотехника», № 2, 1999.
7. Малюков С., Матюшенко А. Концепция построения и оценка эффективности ИРНС. Сб. трудов НТК ГосНИНГИ «НО-98», 1998.
8. Малюков С.Н. Анализ характеристик системы передачи информации, использующей навигационный сигнал ИФРНС. // «Радиопромышленность», вып. 2, 1999.
9. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. - М.: «Мир», 1976.
10. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. - М.: Радио и связь, 1983.
11. Российский радионавигационный план. Москва, 1998.
12. Altmayer C. Improving availability and reliability of high accuracy integrated systems. IFAC Symposium on transportation systems 2000, Braunschweig, Germany, 15th July, 2000.
13. Balov A., Abramov L., Hitrun G., Johannesen E., Marshall D. Broadcast of Eurofix/Chayka/Loran-C Service from a Single Site// Int. Symp. On Integration of LORAN-C/Eurofix and EGNOS/Galileo, Bonn, Germany, 22 – 23 March, 2000.
14. FAA Specification WAAS, US DOT, FAA-E-2892B Change1, 21 Sept. 1999.
15. Federal Radionavigation Plan 2001, US DoD, US DoT.

16. 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.
17. Independent Review Board/ Institute for Defense Analyses, Alexandria, VA, Jan. 18, 2001.
18. Kugler D., Lechner W. Combined use of GPS and LORAN-C in integrated navigation systems//5th international conference on differential satellite navigation systems. St-Petersburg, 20-24 May, 1996.
19. Kugler D. Integration of GPS and Loran-C/CHAYKA: a European perspective. // Navigation (US), vol. 46, № 1, 1999.
20. Lannelongue S., Levy J.C. [Alcatel Space Industries] EGNOS Performance at System CDR.// ION-GPS, Sept. 2002.
21. Offermans G.W.A., Helwig A.W.S., Van Essen R.F., Van Willigen D. Integration Aspects of DGNSS and Loran-C for Land Applications // Proc. 53rd Annual Meeting of the Institute of Navigation in Albuquerque, June 30 - July 2, 1997.
22. Offermans G.W.A., Helwig A.W.S., and Van Willigen 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.
23. Peterson B., Dykstra K., Swaszek P., Boyer J. High Speed Loran-C Data Communications. June, 2001 Update// ION 57-th Annual Meeting.// CIGTF 20-th Biennial Guidance Test Symposium, 11-13 June, 2001, Albuquerque, NM.
24. 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.
25. Radionavigation Systems, 2001, US DoD, US DoT.
26. RTCA-DO-229.
27. RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service. Version 2.2, January 3, 1996.
28. Sams M., Van Dierendonc A.J., Hua Q. Availability and continuity performance modeling// 52-th annual ION meeting, June 19-21, 1996.
29. Sherman C., Enge P. Broadcasting Data from an SBAS Reference Network using LORAN. //Proceedings of the IAIN World Congress in association with the US ION 56-th Annual Meeting, 26-28 June 2000, San Diego, CA.
30. Sherman C. Broadcasting GPS Integrity Information using LORAN-C// A Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. July, 2002.
31. Technical characteristics of methods of data transmission and interference protection for radionavigation services in the frequency bands between 70 and 130 kHz// Draft revision of recommendation ITU-Rm. 589-2 (1982-1986-1992-2001). Document 8B/TEMP/5.
32. 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 ИФРН» – доклад на НТК «Планирование глобальной радионавигации». НТЦ «Интернавигация», Москва, 2000г.

Имитатор сигналов спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS СН-3803

О.А. Борсук, М.Ю. Медведев²

1. Введение

Современное навигационное обеспечение подвижных и неподвижных объектов в основном базируется на использовании навигационных сигналов, излучаемых с навигационных космических аппаратов (НКА) спутниковых навигационных систем (СНС) ГЛОНАСС и GPS. На основе принимаемых сигналов с помощью навигационной аппаратуры потребитель определяет свое положение в пространстве и во времени.

Высокие требования, предъявляемые к навигационной аппаратуре потребителей (НАП) по качеству навигационных и временных определений, скорости их получения, достоверности при кратковременном пропадании навигационных сигналов и в других случаях, приводящих к искажению данных обсерваций, требуют ее испытаний для каждой такой ситуации.

Получить большой набор возмущающих факторов в реальных условиях невозможно, но при этом каждый производитель НАП должен обеспечить ее работоспособность именно в «тяжелых» условиях функционирования. Другой проблемой является подтверждение точностных характеристик НАП при работе по СНС ГЛОНАСС при условии сокращенного состава орбитальной группировки, подтверждение качественного функционирования НАП при совместном использовании СНС ГЛОНАСС и GPS.

Для решения этих задач в настоящее время широко используются имитаторы навигационных сигналов СНС, позволяющие моделировать сложную навигационную обстановку для любой точки околоземного пространства, а также моделировать движение НАП, установленной на носителях различных видов – от пешехода до высокодинамичных объектов со сложными параметрами движения.

В настоящее время на рынке измерительных и сертификационных средств представлены имитаторы навигационных сигналов производства фирм WelNavigate (США), Spirent (Великобритания), CAST (США), Interstate Electronics Co (США), ЗАО «КБ НАВИС» (Россия).

2. Имитатор сигналов СНС ГЛОНАСС и GPS СН-3803

С 2001 года в России серийно выпускается имитатор сигналов (ИС) СН-3803, разработанный в ЗАО «КБ НАВИС». ИС СН-3803 выполнен в виде отдельного блока и используется совместно с внешней ПЭВМ, на которой установлено специальное

² О.А. Борсук – директор ЗАО «КБ «НАВИС»
М.Ю. Медведев – сотрудник ЗАО «КБ «НАВИС»

программно-математическое обеспечение – среда создания сценариев «GGHUNTER». Среда создания сценариев обеспечивает имитацию навигационного поля СНС и моделирование движения носителя НАП.

ИС СНС ГЛОНАСС/GPS СН-3803 предназначен для проверки и испытаний НАП различного назначения на соответствие заданным техническим требованиям на этапах разработки, производства, сертификации, эксплуатации, а также при проведении регулировочных и ремонтных работ, в том числе в составе интегрированных навигационно-управляющих систем.

Основная область применений ИС СН-3803 - проведение проверок функционирования, измерение навигационных параметров, определение технических возможностей НАП морского, сухопутного, авиационного, космического, геодезического и других специальных применений. Основные направления применений ИС СН-3803 приведены на рис. 1.

ИС СН-3803 сертифицирован ГОССТАНДАРТОМ России и включен в Государственный Реестр средств измерений. Номер регистрации в Государственном Реестре: 20278-00 РФ. Номер сертификата: 8743В от 27.01.2000 ГЦИ СИ «Воентест».

Аппаратно-технические средства ИС СН-3803 обеспечивают решение следующих задач:

а) формирование радиочастотных сигналов НКА СНС ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1 с дальномерными кодами стандартной точности (СТ), высокой точности (ВТ), а также в частотном диапазоне L2 с дальномерным кодом ВТ;

б) формирование радиочастотных сигналов НКА СНС GPS в диапазоне L1 с дальномерным кодом С/А (с возможностью имитации селективного доступа SA).

Имитатор сигналов СН-3803 выпускается в двух модификациях – 12- и 24-канальной с независимым распределением СНС каналов.

ИС СН-3803 и поставляемое в комплекте с ним внешнее специализированное программно-математическое обеспечение (ПМО) «GGHUNTER» обеспечивают решение следующих задач:

- моделирование движения НКА СНС ГЛОНАСС, GPS;
- формирование навигационного кадра для каждого НКА с учетом параметров его движения и типа СНС;
- моделирование движения носителя и географического положения НАП;
- моделирование влияния ионосферы и тропосферы на параметры формируемых навигационных сигналов;
- моделирование погрешностей эфемеридной информации навигационных сигналов;

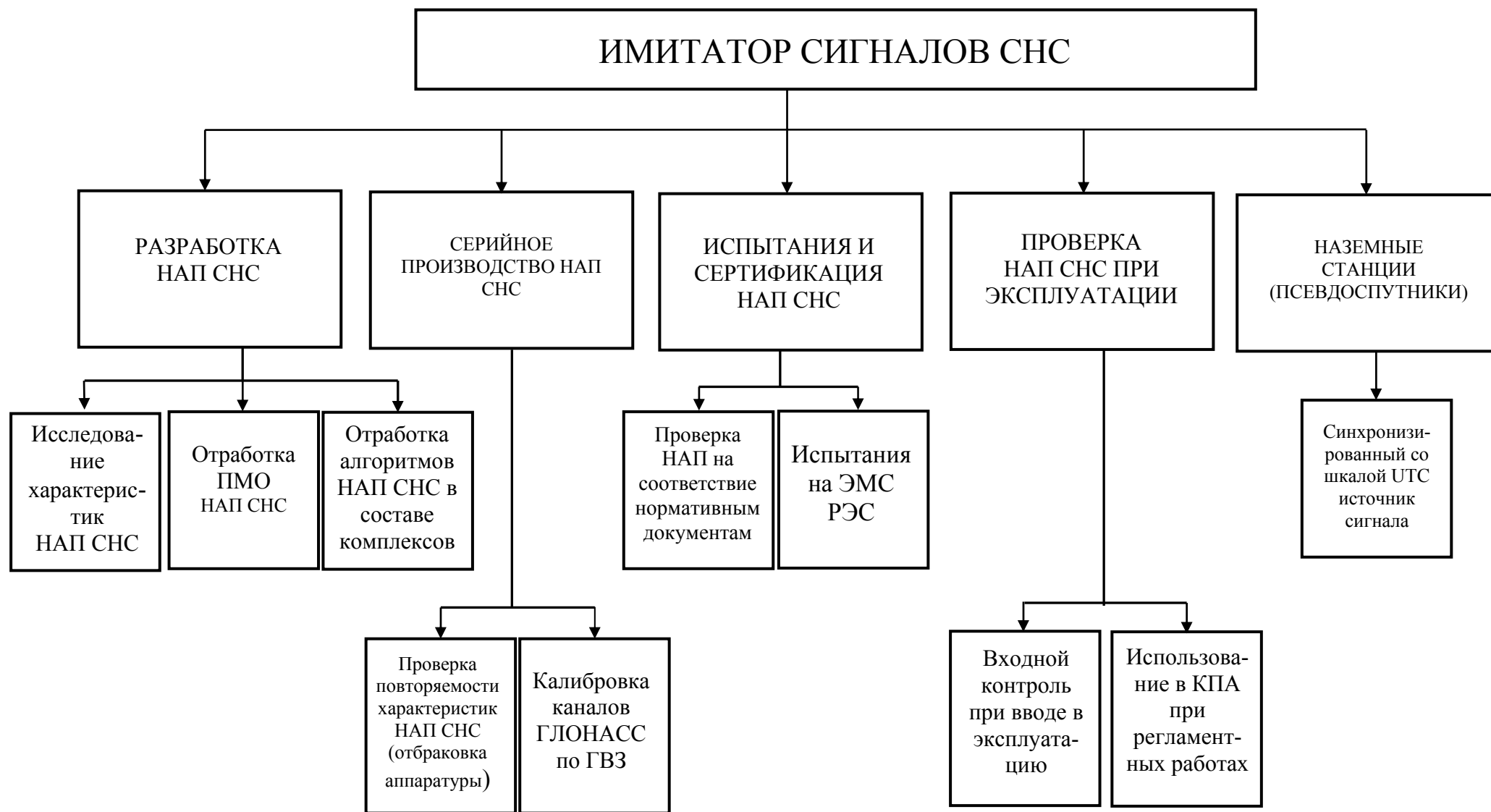


Рис. 1. Основные направления применения имитаторов сигналов СНС

Внешний вид ИС СН-3803 производства «КБ НАВИС» представлен на рис. 2.



Рис. 2. Имитатор сигналов СН-3803 производства ЗАО «КБ НАВИС»

- моделирование уровней формируемых навигационных сигналов с учетом удаления НАП от НКА и направленных свойств его приемных антенн;
- моделирование перерывов радиосвязи НАП с НКА заданной продолжительности;
- моделирование для НКА СНС GPS режима селективного доступа SA с возможностью изменения его уровня, включения и выключения;
- оценка основных характеристик НАП и степени их соответствия заданным требованиям;
- создание сертификационных сценариев для НАП различного класса и областей применения.

Время подготовки ИС СН-3803 к работе – 15 минут.

ИС СН-3803 обеспечивает подключение к БИ СН-3803 одновременно до трех НАП, по одной на каждый выходной ВЧ разъем.

ВЧ выходы ИС СН-3803 выдерживают подключение НАП СНС, имеющей на антенном входе напряжение постоянного тока не более 30 В, что позволяет испытывать НАП без антенного блока (при наличии питания в фидерной линии для работы малошумящего антенного усилителя).

При необходимости испытаний НАП совместно с антенным блоком дополнительно может поставляться экранированная антенная камера с излучающей антенной.

Уровень выходного сигнала для каждого канала регулируется в диапазоне от минус 115 до минус 160 дБВт с шагом 1 дБ. Абсолютное значение основной погрешности установки уровня выходного сигнала для каждого канала имитации не более 1 дБ.

Внутренний высокостабильный опорный кварцевый генератор (ОГ) ИС СН-3803

обеспечивает формирование опорной частоты 10 МГц на выходном разъеме со следующими параметрами:

- а) относительная погрешность частоты внутреннего ОГ, не более $\pm 5,0 \times 10^{-8}$;
- б) относительная вариация частоты внутреннего ОГ при времени выборки и измерений 1 сутки, не более $\pm 3,0 \times 10^{-9}$;
- в) средняя квадратическая относительная двухвыборочная вариация частоты (вариация Аллана) за 1 с, не более $1,0 \times 10^{-11}$.

При более высоких требованиях к параметрам опорных колебаний в ИС СН-3803 предусмотрено подключение внешнего источника высокостабильной частоты 10 МГц синусоидальной формы с напряжением от 0,5 до 2,0 В.

ИС СН-3803 имеет встроенный контрольный навигационный приемник (КНП) для контроля процессов выполнения сценария и диагностики функционирования ИС СН-3803. Встроенный КНП обеспечивает прием сигналов НКА, их обработку и отображение параметров обсервации имитационного сигнала. Количество каналов встроенного КНП - 14. Обмен информацией с внешним потребителем по порту «СОМ-1 КП», расположенном на задней панели ИС, встроенный КНП осуществляет в соответствии с протоколом NMEA.

ИС СН-3803 обеспечивает продолжительность испытательного сеанса с НАП до 8 часов в непрерывном режиме.

Обмен информацией ИС СН-3803 с ПЭВМ осуществляется по последовательному и параллельному интерфейсам RS-232 и IEEE1284.

Внешнее ПМО (среда создания сценариев) ИС СН-3803 из комплекта поставки устанавливается на ПЭВМ, используемой в составе ИС СН-3803.

Среда создания сценариев реализована на стандартных алгоритмах, предложенных в интерфейсных документах (ИКД) на СНС GPS (ICD-GPS-200C), ГЛОНАСС (ИКД - Версия 4.0 1998 г.) и позволяет:

- создать любой сценарий использования НАП, начиная от сертификационных сценариев и заканчивая сценариями, трудно воспроизводимыми в реальных условиях;
- в режиме реального времени контролировать работоспособность НАП, работающей со стандартными протоколами обмена NMEA.
- моделировать навигационное поле СНС ГЛОНАСС, GPS;
- использовать реальные данные движения НКА СНС;
- редактировать численный и пространственный состав орбитальной группировки НКА по каждой СНС;
- моделировать движение носителя НАП, в том числе с использованием цифровой картографической информации;
- рассчитывать и моделировать уровень принимаемого сигнала;
- формировать сбойную информацию в навигационных кадрах (НК) НКА СНС;

- принимать данные от тестируемой НАП в формате NMEA и проводить статистическую обработку получаемых данных;
- сохранять и удалять данные моделирования;
- осуществлять табличную и графическую интерпретацию измерений и погрешностей тестируемой НАП на выбираемых моделях Земли.

Возможности среды создания сценариев позволяют моделировать сценарии движения следующих основных типов:

- сценарии для неподвижных объектов с заданным пространственным положением («стоповые» сценарии);
- круговое движение с заданной скоростью и радиусом (движение с переменными по составляющим вектора скорости и ускорения);
- движение по участкам траектории «ломанная линия» с заданными скоростью и углом разворота;
- орбитальное движение с заданием высоты орбиты над Землей, наклона орбиты, долготы восходящего узла и продолжительности движения по орбите;
- движение, заданное кусочно-непрерывной траекторией в горизонтальной и вертикальной плоскостях с заданием значений скорости, ускорения, рывка, времени действия заданных параметров и общей продолжительности движения;
- движение типа «взлет» с заданием скорости по отдельным составляющим координат;
- движение типа «качка» (бортовая, килевая, рысканье) с указанием (для каждого вида отдельно) амплитуды, периода изменения амплитуды, периода и фазы качки;
- движение по прямой и кругу с постоянным заданным креном;
- движение по спирали с заданием параметров (величина, скорость и ускорение) по высоте, курсу и радиусу движения
- движение объекта путем ввода траектории движения реального объекта в виде файла в формате протокола NMEA, записанного с НАП.

Диапазон динамических характеристик моделируемых объектов составляет:

- по скорости – до 8000 м/с;
- по ускорению – до 50 g;
- по скорости изменения ускорения (рывка) – до 30 g/c;

Представленные возможности среды создания сценариев имитации позволяют провести моделирование высокодинамичных объектов-носителей НАП со сложными параметрами движения при сложной навигационной обстановке со всесторонним контролем параметров НАП в лабораторных условиях.

3. Заключение

Проведены испытания авиационной аппаратуры СН-3700 и навигационного датчика фирмы Ashtech GG24 с использованием ИС СН-3803 на подтверждение

требований SARPS, а также испытания аппаратуры СН-3301 на соответствие квалификационным требованиям КТ-34. Испытания проводились на базе испытательной лаборатории НПФ «Гейзер», в состав оборудования которой введен ИС СН-3803.

Испытания на соответствие требований КТ-34-1 проводились по методике, предусматривающей имитацию периодического изменения динамики НАП (ускорения до 2 g в двух плоскостях). В качестве оцениваемого параметра использовалась ошибка «псевдодальности». Создания подобного сценария в реальных условиях не представляется возможным.

С помощью ИС СН-3803 проводилась комплексная отладка ПМО авиационной аппаратуры СН-3301, которая используется в основном контуре управления самолетом АН-140.

Созданный при этом сценарий предполагал полет по круговой траектории со скоростью 700 км/ч и ускорением до 5 g, в районе пересечения нулевого меридиана. Для имитации кренов самолета была введена модель периодического пропадания и возникновения «низких» (по углу возвышения) НКА.

Созданы сценарии имитации для испытаний аппаратуры морского базирования, позволяющие проводить проверки НАП в условиях качки с заданными параметрами, проверять точность НАП при движении по маршруту, время выхода в заданную точку, решение НАП задач прокладки маршрута и др.

Созданы сценарии имитации высокودинамичных объектов для проверки алгоритмов и программного обеспечения НАП, обеспечивающих повышение помехоустойчивости НАП в условиях повышенной динамики.

В ЗАО «КБ НАВИС» сейчас активно ведутся работы по дополнению возможностей ИС следующими опциями:

- формирование навигационного сигнала дифференциальных широкозонных дополнений SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS) в частотном диапазоне L1 с дальномерным кодом C/A;
- формирование навигационного сигнала СНС GPS в частотном диапазоне L5;
- формирование навигационного сигнала СНС Галилео;
- моделирование двух независимых объектов движения - носителей НАП;
- моделирование эффекта многолучевости навигационных сигналов;
- моделирование изменения углов затенения носителем антенны НАП при его маневрировании, учитывающем условия радиовидимости НКА;
- разработка имитаторов «реального времени» (real time simulation).

Разработка высокоточных трехмерных моделей городов и территорий

Н.Н. Кузнецов, А.В. Андрищенко, Н.А. Колинченко³

Развитие современных средств вычислительной техники, компьютерных технологий и программных средств в области компьютерной графики и моделирования позволяет в настоящее время выйти на новое качество цифровой картографии и в дополнение к традиционной картографии создавать трехмерные цифровые модели местности и объектового состава (3D модели местности).

По сравнению с традиционной картой использование 3D моделей расширяет круг решаемых задач и значительно увеличивает наглядность проектов. Преимущества таких моделей обусловлены тем, что графическое представление объектов наблюдения, представленных в 3D модели, позволяет воспринимать информацию в наиболее удобном и естественном для человека виде, что самым положительным образом отражается на оперативности и эффективности принятия решений.

В настоящее время рассматривается создание новых компьютерных технологий с использованием трехмерных моделей местности в следующих областях деятельности:

- моделирование при создании новой авиационной техники;
- тренаж и подготовка летного состава;
- моделирование летных происшествий и нештатных ситуаций;
- управление воздушным движением и транспортными потоками;
- обеспечение безопасности полетов;
- архитектурное и ландшафтное проектирование при создании и реконструкции аэродромов;
- охрана окружающей среды и устранение последствий катастроф.

Основная сфера применения таких карт – оценка ситуации, помощь в принятии решений, наглядная демонстрация различных показателей.

Новые свойства трехмерных моделей можно широко использовать при создании ситуационных алгоритмов управления, как в организационных системах, так и материальными объектами; при использовании в качестве компоненты навигационных систем. Кроме этого, трехмерные модели могут с успехом применяться в системах обучения и тренажа. Эргономические исследования показывают, что обучение, построенное с использованием таких информационных систем, способствует лучшему восприятию учебного материала и закреплению навыков обучения.

Система управления и визуализации трехмерной модели дает возможность выполнять измерительные операции в трехмерном пространстве, моделировать движение транспортных средств с учетом оценки обстановки при различных углах

³ ЗАО «Киберсо»

визирования и высотах полета, решать задачи управления воздушным движением и обеспечения безопасности полетов в сложных метеорологических условиях.

Исходными материалами для построения 3D моделей местности служат:

- данные в виде таблиц NXYZ с пространственными координатами объектов;
- электронные цифровые топографические карты;
- результаты наземных GPS измерений;
- аэро- и космические снимки (результаты их обработки на фотограмметрических станциях).

В связи с бурным развитием во всем мире новых цифровых компьютерных технологий обработки данных, соответственно были разработаны космические системы, позволяющие получать информацию о местности в цифровой форме, такие как SPOT (Франция), IRS (Индия), IKONOS (США) и другие. Эти системы обеспечивают получение изображений местности с разрешением в пределах от 1 до 10 метров и обеспечивают стереоскопическое покрытие методом конвергентной съемки. Среди близких по характеристикам отечественных космических комплексов можно отметить КА серии «Ресурс-Ф». В настоящее время для создания высокоточных 3D моделей местности использовались материалы космической съемки, получаемых со спутников QuickBird компании DigitalGlobe (США).

Спутник QuickBird предназначен для получения цифровых изображений земной поверхности с пространственным разрешением 64 см в панхроматическом режиме и 2,5 м в мультиспектральном режиме. Основными преимуществами спутника QuickBird являются широкая полоса охвата (размер сцены – 16,5 x 16,5 км) и высокая метрическая точность.

Технология создания 3D моделей основывается на идее эволюционного развития традиционных двумерных геоинформационных систем, путем плавной реструктуризации данных и разработки специальных программных компонент для «выращивания» 3D модели. Такой подход позволяет существенно снижать затраты при построении трехмерной пространственной модели, используя уже существующие двумерные геоинформационные системы.

Трехмерная модель территории состоит из модели земной поверхности и моделей наземных объектов. Поэтому при создании 3D моделей необходимо решить две главные задачи: формирование цифровой трехмерной модели земной поверхности и конструирование 3D моделей объектов.

Технологической основой для построения модели земной поверхности служит ортофотоизображение, подготовленное по исходным космическим или аэрофотоснимкам. Затем ортофотоизображение «натягивается» на поверхность, созданную по цифровой модели рельефа. Преобразование аэро- или космических снимков к местной системе координат осуществляется в результате ортотрансформирования с использованием ЦМР и электронных карт ГИС,

представленных в заданной системе координат. Преобразование полученных моделей земной поверхности с учетом визирования с различных высот и углов зрения производится известными средствами трехмерного моделирования.

Технология создания 3D моделей объектов включает три основных этапа:

- получение трехмерного каркаса объекта с использованием поэтажных планов и обмерных чертежей, а так же данных фотограмметрии;
- получение цифровой модели его фасадов (и/или интерьеров) с использованием возможностей цифровой фотограмметрии;
- построение цифровой 3D модели объекта и прилегающих территорий с использованием программных средств ГИС и трехмерной графики.

Основными модулями, используемыми в данной технологии, являются:

- интегратор 2D растровых и векторных данных (цифровая фотограмметрическая станция), являющихся основой для построения 3D моделей;
- компонент, позволяющий формировать оптимальные фрагменты растровых изображений аэро- и космофотоснимков, привязанные к заданной системе координат;
- компонент, использующийся для построения оптимальной высотной модели территории, а также формирования интегрированной 3D модели, состоящей из поименованных 2D и 3D объектов, расположенных в трехмерном пространстве, сформированном на основе высотной модели территории, интегрированной с растровыми изображениями;
- компонент, осуществляющий визуализацию 3D проектов и используемая в качестве основного модуля при построении информационных систем.

Данная технология нового поколения, предназначенная для создания и визуализации 3D моделей городов, разработана на исходных данных по Объединенным Арабским Эмиратам компанией ЗАО «Киберсо» (Россия) в сотрудничестве с Informar Production LLC (ОАЭ). Она базируется на использовании информации аэрокосмического зондирования территории и предназначена для создания и визуализации 3D моделей городов. Система основана на современной и надежной картографической информации (в 3D пространственном отображении), получаемой путем наложения и анализа многочисленных слоев данных, и представляет собой наиболее перспективное направление в области разработки и развития геоинформационных технологий.

По существующим у нас на сегодняшний день оценкам, затраты на создание высокоточных 3D моделей городов и территорий составляют от 2 до 6 тыс. долл. США за кв. км в зависимости от плотности объектового состава, классов и типов объектов, необходимости детальной визуализации внешнего вида и признаков объектов.

Временные затраты на создание базы данных 3D моделей силами ЗАО «Киберсо» составляют примерно 1000 – 3000 кв. км в год.

**Анализ отчета министру транспорта США
«Радионавигационные системы: Стратегия инвестиций»**

(Подготовлен специальной группой по радионавигационным системам)

Overlook Systems Technologies, Inc.

Январь 2004 г.

Е.Г. Цикалова

Предпосылки подготовки отчета

В Заключительном отчете Президентской комиссии США по защите критичных инфраструктур был сделан вывод об уязвимости служб и приложений системы GPS под воздействием помех различного рода, что создает угрозу для транспорта. Президент издал директиву министерству транспорта о проведении совместно с министерством обороны оценки уязвимости национальной транспортной инфраструктуры, базирующейся на GPS. Этот анализ был выполнен в августе 2001 г. Национальным Центром транспортных систем Волпе. В нем были подтверждены выводы Заключительного отчета о необходимости дублирования функций местоопределения и времени во всех критичных приложениях GPS, содержались рекомендации по усилению GPS и защите транспортных систем. В связи с этим возник вопрос, какие системы нужны для усиления GPS в случае потери или искажения ее сигнала. Для ответа на него Министерством транспорта была создана специальная рабочая группа, которая выполнила свою задачу в два этапа. На первом этапе производилась оценка действующих радионавигационных систем для всех видов транспорта и разных ведомств. Результатом этого этапа стала техническая и стоимостная оценка перспектив пяти наиболее приемлемых комплексных систем («систем из систем»). На втором этапе добавились новые факторы: рекомендации Центра Волпе по поддержке GPS, взаимодействие с другими ведомствами, оснащенность пользователей, наличие международных соглашений и пр. Результатом стали рекомендации министру транспорта наиболее перспективного с точки зрения технических возможностей и затрат сочетания радионавигационных систем на ближайшие 10 лет.

Потенциально возможны тысячи различных сочетаний. Группа выбрала для анализа 11 вариантов на базе четырех ведущих систем – «Лоран» и трех систем на основе функциональных дополнений GPS: широкозонной, национальной дифференциальной подсистемы, системы локальных функциональных дополнений LAAS. Оценивалось влияние изъятия различных составных частей этих систем на общие характеристики, а также возможные доработки и дополнения.

Существующее положение

В настоящее время политика США в отношении федеральной поддержки радионавигационных систем проводится в соответствии с Федеральным

радионавигационным планом 2001 года. Он содержит детальное описание всех систем в федеральной эксплуатации: GPS, функциональных дополнений к GPS, морской (MDGPS) и национальной дифференциальной подсистемы GPS (NDGPS), широкозонной системы функционального дополнения (WAAS), систем локального функционального дополнения для полетов по категории 1 (LAAS), национальной сети опорных станций постоянного действия (CORS) для геодезии, «Лоран-С», навигационных средств для авиации (VOR, DME, TACAN, PPC, ILS/MLS).

Ряд ведомств выполняет НИОКР по повышению рабочих характеристик действующих систем. Среди них оценка возможностей использования «Лоран-С» для непрецизионных полетов по приборам и судоходства в гаванях, повышение точности оборудования NDGPS, создание локальных систем функционального дополнения для летных операций категорий II и III, переход к GPS нового поколения (GPS III), создание глобальной дифференциальной системы контроля целостности GPS (GDGPS) под эгидой НАСА для глобальной обработки данных GPS в реальном времени.

Оценка требований потребителей и возможностей систем

Оценка требований потребителей и возможностей систем производилась техническими экспертами, которые были включены в состав специальной группы от заинтересованных ведомств (ФАУ, БО, федеральных администраций шоссейных и железных дорог и т.д.). К общим требованиям отнесены точность, доступность, целостность систем, непрерывность обслуживания и рабочая зона. Ведомства представили группе требования своих потребителей по навигационным (авиация, морской и сухопутный транспорт) и ненавигационным (местопределение, время) направлениям. Эти требования основаны на документе «Федеральные радионавигационные системы (ФРС)», являющемся второй частью Федерального радионавигационного плана 2001 г. Возможности систем также оценивались по ФРС и стандарту на рабочие характеристики GPS. Подробный сравнительный анализ этих требований и возможностей систем представлен в Приложении к документу в табличном виде (25 таблиц).

Методика отбора систем

При оценке и отборе радионавигационных систем для потенциального участия в комплексной инфраструктуре с целью сокращения числа вариантов для рассмотрения за основу взяли Федеральный радионавигационный план 2001 года и приняли ряд допущений и соображений. Во-первых, в проводимом анализе рассматриваются лишь возможности GPS в составе спутников Блока IIF. GPS III будет рассматриваться в последующих исследованиях после определения возможностей этой системы. Далее, исходя из рекомендаций исследования Центра Волпе, сочли, что функциональные дополнения к системе GPS (WAAS, LAAS, NDGPS) нельзя рассматривать в качестве средств дублирования GPS. По техническим характеристикам и оценке стоимости полного цикла на первом этапе были выделены 11 комплексных систем:

1. Базовая (ФПП 2001). GPS+WAAS/LAAS/NDGPS как основные средства и ILS и VOR/DME сохраняются в качестве средств дублирования, а «Лоран-С» - потенциального дублера.
2. Закрытие «Лоран-С». Прекращается работа «Лоран-С» и исследования с целью модернизации.
3. Закрытие LAAS. Прекращается разработка и внедрение средств LAAS. Сохраняются ILS.
4. Закрытие NDGPS. Прекращается разработка средств NDGPS. Морские и сухопутные потребители теряют средства радионавигации на базе GPS, а ненавигационные потребители теряют основное средство местоопределения.
5. Закрытие WAAS. При этом нужно сохранять все средства VOR/DME и ILS для операций по категории I.
6. Закрытие «Лоран-С» и LAAS. Закрываются станции «Лоран-С» и прекращается разработка средств LAAS. Нет потенциальной системы дублирования, и на всех ВПП в аэропортах нужно сохранять ILS.
7. Закрытие NDGPS и «Лоран-С». Закрываются станции «Лоран-С» и прекращается развертывание средств NDGPS. Нет потенциального дублера, морские и сухопутные потребители теряют средства навигации на базе GPS, а ненавигационные потребители теряют основное средство местоопределения.
8. Закрытие «Лоран-С» и WAAS. Закрываются станции «Лоран-С» и WAAS. Нужно сохранять все средства VOR/DME и ILS для операций по категории I.
9. Закрытие LAAS и NDGPS. Прекращается разработка средств LAAS и развертывание NDGPS. Нужно сохранять все ILS на ВПП, морские и сухопутные потребители теряют средства навигации на базе GPS, а ненавигационные потребители теряют основное средство местоопределения.
10. Закрытие LAAS и WAAS. Прекращается разработка LAAS и закрываются средства WAAS. Авиация теряет все средства зональной навигации и полетов в аэродромной зоне на базе GPS. Полная зависимость от существующих наземных средств навигации.
11. Варианты совмещения. Рассматриваются возможности совмещения станций «Лоран-С», средств NDGPS, WAAS и LAAS там, где это оправданно и экономически целесообразно.

Рассмотрели также вариант одновременного закрытия средств NDGPS и WAAS. Все потребители при этом теряют возможность зональной навигации на базе GPS, и по существу GPS перестает использоваться гражданскими потребителями. Поэтому от этого варианта сразу же отказались.

Все указанные выше варианты всесторонне рассматривались с технической стороны, а также с точки зрения затрат. Были учтены все «за» и «против». Сравнительный анализ проводился с учетом руководящих указаний исполнительного

комитета по навигации и местоопределению минтранса США от 18 июля 2002 года. В результате количество рекомендуемых вариантов сократилось до четырех, включая базовый вариант.

Дублирование GPS

Дублирующей системой необязательно должна быть другая радионавигационная система. Ею могут быть ненавигационные средства типа блоков инерциальной навигации или часов. Специальная группа проанализировала перечень применений, которые требуют дублирования.

Рассматривалась стратегия дублирования для авиации, морского и сухопутного транспорта. Для обеспечения безопасности в периоды нарушения работы системы GPS в авиации рекомендуется сохранить половину систем VOR, а также систему ПРС на Аляске, половину ILS I категории и все ILS категорий II и III, сохранить сеть DME, а для военных нужд - сеть TACAN. Что касается системы «Лоран-С», то ее можно сохранить для поддержки развивающейся системы автоматического зависимого наблюдения. На море в настоящее время сложилась адекватная навигационная инфраструктура. Это GPS/DGPS, «Лоран-С», РЛС, маяки, буи, обычные карты, счисление пути и пр. Однако внедрение электронных карт и автоматических систем идентификации (АСИ) потребует оснащения судов электронными средствами. В случае их отказа для дублирования нужно будет возвращаться к нынешним средствам – инерциальным, радиолокационным, «Лоран-С». Системы типа «Лоран-С» можно сохранить для развития технологий СУДС и АСИ, на случаи нарушения работы GPS, поскольку они требуют геодезических расчетов и точного определения времени. В автомобильном транспорте используют инерциальные блоки, автомобильные РЛС и системы отображения дорожной информации. На железных дорогах в настоящее время система GPS не применяется на критичных участках. В перспективной системе управления железнодорожным транспортом отказы GPS в дальнейшем будут учитываться. Система будет строиться также на совместном использовании одометров, цифровых карт, бортовых компьютеров, придорожных сетей контроля и инерциальных датчиков. Никаких других дополнительных средств дублирования не требуется.

К нетранспортным сферам относятся местоопределение и измерение времени. Местоопределение (разведка и картографирование) обычно проводится длительное время и может быть приостановлено до восстановления сигнала GPS. Оно дополняется оптическими и инерциальными средствами разведки. Что касается функций времени, то некоторые из них не критичны (метрология, калибровка); такие же, как телекоммуникации и синхронизация сетей энергоснабжения, используют для дублирования функций GPS часы, но они бывают разными по точности, стабильности и цене. Как вариант возможно использование «Лоран-С».

По заключению специальной группы, для всех видов транспорта, а также для служб местоопределения в настоящее время существуют адекватные средства

поддержки и дублирования системы GPS. Ситуация с обеспечением дублирования службы времени менее ясна. В дальнейшем для развивающихся и вновь разрабатываемых транспортных средств соответствующие администрации должны будут обеспечивать дублирующие средства.

Анализ комплекса радионавигационных систем

Как уже упоминалось выше, специальная группа сократила общее количество вариантов комплектования РНС до четырех.

Вариант 1: базовый, но отличный от изложенного в ФПП-2001. Исключены НИОКР по системам LAAS категорий II и III и высокоточным NDGPS. Для авиации в качестве основных средств используются GPS+WAAS/LAAS, ILS категорий I, II и III; в качестве вспомогательных и дублирующих сокращенные средства VOR, ILS, а также DME, «Лоран-С», ИНС, системы контроля полета, визуальные, радиолокационные средства и процедуры. На море в качестве основных средств используются GPS+NDGPS; дублирование «Лоран-С», ИНС, визуальными, радиолокационными средствами и процедурами. Сухопутные средства: основные GPS+NDGPS; дублирующие ИНС/счисление пути/цифровые карты, визуальные средства, сигнализация, процедуры. Ненавигационные отрасли: основные средства GPS+NDGPS, дублирующие для местоопределения - оптические и инерциальные средства разведки, для определения времени «Лоран-С», WAAS, часы.

Вариант 2: базовый вариант без «Лоран-С». Прекращается работа «Лоран-С» и исследования по ее усовершенствованию. В авиации для полетов над океаном приемники должны иметь функцию RAIM, при полетах над континентальной частью нужна система WAAS и для нее минимум три геостационарных спутника в оптимальных точках. Система LAAS на первом этапе будет соответствовать только категории I. Для судоходства обеспечивается точность в плане 2-5 м и 1-5 м для разработки морских ресурсов. Требования автомобильного и железнодорожного транспорта выполняются в полном объеме. Обеспечивается функционирование ненавигационных отраслей – ГИС, геофизики, гидрографии, земельного кадастра, разведки; зондирования тропосферы и ионосферы. Время можно альтернативно определять с помощью широкозонной системы. Сеть средств NDGPS можно модернизировать для выполнения исследований в реальном времени. Возможна экономия затрат за счет закрытия «Лоран-С».

К недостаткам нужно отнести невозможность использования «Лоран-С» авиацией общего назначения для полетов по маршруту. Нежелательно прекращать исследования по определению возможностей «Лоран-С» для поддержки непрецизионных заходов самолетов на посадку и маневрирования судов в гаванях. Станет невозможным использование усовершенствованной системы «Лоран-С» для передачи информации WAAS в случае, когда нет сигнала от геосинхронных спутников WAAS, затрудняется также работа в высоких широтах. Прекращает работу независимая

потенциальная дублирующая радионавигационная система для всех видов транспорта. Отрицательное воздействие на действующую аппаратуру в сетях энергоснабжения и метрологии, на телекоммуникационные системы, использующие сигнал «Лоран-С». Для демонтажа системы «Лоран-С» нужно 100 млн. долларов.

Вариант 3: совмещение функциональных дополнений – средств NDGPS и WAAS там, где это целесообразно, и продолжение работы «Лоран-С». Возможно также совмещение NDGPS и «Лоран-С». Экономия за счет совмещения действующих станций будет минимальной, но можно оценить выигрыш от совместной работы систем. При этом сохраняется действующая структура, оптимизируется использование ресурсов; выполняются требования авиации (если переделать бортовой приемник «Лоран-С» под усовершенствованную систему); для судоходства обеспечивается точность в плане 2-5 м и 1-5 м для разработки морских ресурсов. Усовершенствованную систему «Лоран» можно будет использовать для поддержки полетов по маршруту и непрецизионных заходов на посадку, для передачи поправок от широкозонной системы, для дальнейшего сокращения сети станций VOR, в качестве независимого средства поддержки операций в гаванях. При совмещении средств WAAS и NDGPS не нужны два приемника дифференциальных поправок GPS. Сокращение парка приемников и ресурсов для размещения и питания дадут экономию. Современные приемники NDGPS для контроля целостности в ближней зоне можно будет использовать для мониторинга характеристик в дальней зоне на средних частотах и создать необслуживаемую систему. Это тоже даст экономию на приемниках. Выполняются требования автомобильного и железнодорожного транспорта по автоматическому опознаванию и оповещению. Обеспечивается функционирование ненавигационных отраслей – ГИС, геофизики, гидрографии, земельного кадастра, разведки, зондирования тропосферы и ионосферы. Время можно альтернативно определять с помощью широкозонной системы. Большие телекоммуникационные компании хотят использовать «Лоран» в качестве одного из средств синхронизации. При совмещении средств NDGPS-WAAS возможна экономия затрат. За счет размещения NDGPS на станциях сети BBC для аварийного оповещения (GWEN) можно сэкономить 35 млн. долларов.

К недостаткам можно отнести необходимость наличия процессоров сигналов и локальных сетей, дополнительной аппаратуры, изменения архитектуры. Это требует выполнения технико-экономического обоснования. Потенциальное сокращение затрат меньше, так как ни одна из систем не демонтируется.

Вариант 4: совмещение функциональных дополнений – средств NDGPS и WAAS там, где это целесообразно, и прекращение работы «Лоран». При этом оптимизируются все ресурсы по всем видам транспорта и экономятся средства. В авиации для полетов над океаном приемники должны иметь функцию RAIM, при полетах над континентальной частью нужна система WAAS и для нее минимум три геостационарных спутника в оптимальных точках. Система LAAS на первом этапе

будет соответствовать только категории I. Для судоходства обеспечивается горизонтальная точность 2-5 м и 1-5 м для разработки морских ресурсов. При совмещении средств WAAS и NDGPS не нужны два приемника дифференциальных поправок GPS. Сокращение парка приемников и ресурсов для размещения и питания даст экономию. Современные приемники NDGPS для контроля целостности в ближней зоне можно будет использовать для мониторинга характеристик в дальней зоне на средних частотах и создать необслуживаемую систему. Выполняются требования автомобильного и железнодорожного транспорта по автоматическому опознаванию и оповещению. Обеспечивается функционирование ненавигационных отраслей – ГИС, геофизики, гидрографии, земельного кадастра; разведки, зондирования тропосферы и ионосферы. Время можно альтернативно определять с помощью широкозонной системы. Сеть средств NDGPS можно модернизировать для выполнения исследований в реальном времени. При совмещении средств NDGPS-WAAS возможна экономия затрат. За счет размещения NDGPS на станциях сети BBC для аварийного оповещения (GWEN) можно сэкономить 35 млн. долларов. Закрытие «Лоран-С» может дать экономию затрат, но нужно взвесить все «за» и «против».

К недостаткам нужно отнести невозможность использования «Лоран-С» авиацией общего назначения для полетов по маршруту. Нежелательно прекращать исследования по определению возможностей «Лоран-С» для поддержки непрецизионных заходов самолетов на посадку и маневрирования судов в гаванях. Станет невозможным использование усовершенствованной системы «Лоран-С» для передачи информации WAAS в случае, когда нет сигнала от геосинхронных спутников WAAS, затрудняется также работа в высоких широтах. Прекращает работу независимая потенциальная дублирующая радионавигационная система для всех видов транспорта. Отрицательный эффект на действующую аппаратуру в сетях энергоснабжения и метрологии, на телекоммуникационные системы, использующие сигнал «Лоран-С». Для демонтажа системы «Лоран-С» нужно 100 млн. долларов.

Выводы. Выполнена всесторонняя оценка четырех вариантов комплексного соединения систем и средств радионавигации. Однако потенциальные требования пользователей в них не могут быть учтены. По мере появления новых требований соответствующие администрации должны будут гарантировать наличие адекватных дублирующих систем. В Приложении D дан сравнительный анализ потребностей пользователей и возможностей рассмотренных комплексов. Ряд параметров находится на стадии оценки. По ее завершении возможен повторный анализ предложенных альтернатив. Необходимо координирование работы и развития радионавигационных систем, которые задействованы в разных отраслях. Это позволит создать единую систему радионавигации, местоопределения и времени, которая будет отвечать требованиям к основным и дублирующим системам и средствам.

Решение по «Лоран»

Судьба системы «Лоран-С» пересматривается с 1994 года. Сопrotивление общественности, а также выводы об уязвимости системы GPS способствовали пересмотру решения о демонтаже системы. В настоящее время действует решение о работе «Лоран-С» до 2008 г. и проведении исследований о ее новых возможностях. Для обоснования необходимости дальнейшего функционирования системы нужно продемонстрировать ее рабочие характеристики для обеспечения непрецизионных операций гражданских самолетов и судоходства в зонах гаваней. По первым результатам, такие характеристики могут быть обеспечены, однако полного заключения еще нет. Группе в составе представителей ФАУ, Береговой охраны, промышленности и науки нужно 10 млн. долларов для завершения исследований до конца марта 2004 г. Минтранс рассматривает три варианта действий в отношении «Лоран-С».

Вариант 1. К концу 2008 г. система «Лоран-С» прекращает работу. Минтранс ежегодно экономит 27 млн. долларов на эксплуатации, избежит затрат на реконструкцию в размере 78 млн. долларов на этапы 2 и 3. Однако первый этап реконструкции стоимостью 113 млн. долларов нужно завершить для продления работы системы до 2008 г. и затем вложить 100 млн. долларов в демонтаж. Исследования по улучшению системы будут прекращены, и новые возможности узнать будет невозможно.

Вариант 2. Завершение оценки усовершенствований системы до принятия окончательного решения. Будет получен точный ответ относительно возможностей системы для обеспечения непрецизионных операций гражданских самолетов и судоходства в зонах гаваней. Это наиболее консервативный подход, при котором окончательное решение откладывается до завершения исследований. Кроме того, при таком решении промышленность вряд ли станет заниматься разработкой совмещенных приемников GPS/«Лоран».

Вариант 3. Решение об эксплуатации усиленного варианта «Лоран» принимается сейчас. При этом гарантируется дублирующая или дополняющая радионавигационная система для всех отраслей. Однако без результатов оценки в этом есть некоторый риск. Затраты на 2 и 3 этапы реконструкции будут перекрыты за счет экономии средств на демонтаж.

Выводы. В отношении системы «Лоран-С» специальная группа рекомендует завершить оценку возможностей усиленной системы до принятия окончательного решения. Некоторые системы (например, VOR) используются лишь в одном виде транспорта. Прекращение работы системы «Лоран-С» будет означать исчезновение единственной доступной для всех видов транспорта радионавигационной системы, дублирующей работу GPS.

Расчет затрат

Специальная группа оценила снижение капиталовложений и текущих расходов за счет перехода с морских радиомаяков на морскую дифференциальную подсистему GPS, совмещения этих средств с опорными станциями непрерывного действия для целей местоопределения в интересах национальной геологоразведочной службы министерства торговли, создания на основе этой сети путем ее расширения и на базе демонтированной сети BBC аварийного оповещения национальной дифференциальной сети GPS (NDGPS) для наземного транспорта. Далее, на базе станций NDGPS разместили средства наблюдения для метеолабораторий. В будущем можно говорить о совмещении систем WAAS, NDGPS и «Лоран-С». При развитии этих систем нужно максимально стремиться к их совмещению. Хотя WAAS может соответствовать некоторым требованиям морских и сухопутных потребителей, она не предназначена для этих областей. Поэтому специальная группа сочла более перспективным завершение по плану сети NDGPS, чем приведение системы WAAS в соответствие с требованиями морских и сухопутных потребителей или, наоборот, попытки усилить сеть NDGPS для удовлетворения требований авиации.

Расчет затрат проводился отдельно для эксплуатации и технического обслуживания и для капитальных затрат плюс НИОКР. Цифры даны по системам и годам в сводной таблице. Всего за период с 2002 г. по 2010 г. по системе VOR по расчетам получены суммы 673,8 млн. долларов и 104,2 млн. долларов, соответственно. Частичный демонтаж системы начнется в 2007 г. На систему ILS потребуется, соответственно, 686,0 и 167,2 млн. долларов. Реконструкция начнется в 2007 г. Для системы WAAS нужно 257,4 млн. долларов по первой статье и 1027,6 млн. долларов по второй. По LAAS есть неполные оценки расходов на НИОКР и капитальные затраты, и в сумме они составили 352,5 млн. долларов. Затраты на сеть NDGPS (включая MDGPS), составили, соответственно, 117,8 и 28,6 млн. долларов. Оценка по системе DME дает, соответственно, цифры 152,3 млн. долларов и 63,4 млн. долларов (при реконструкции начиная с 2007 г.). Для системы TACAN нужно 261,0 и 101,9 млн. долларов (реконструкция с 2007 г.), а для «Лоран-С» - 243,0 и 161,0 млн. долларов, соответственно.

На системе «Лоран-С» следует остановиться подробнее. Ее совершенствование имеет две составляющие: реконструкция базовой системы и повышение рабочих характеристик. Еще один элемент – канал передачи информации «Лоран» - не играет определяющей роли и в расчет затрат не входит. К основным направлениям модернизации относятся: переход с гиперболического расчета на расчет по времени излучения, замена старых ламповых передатчиков, блоков синхронизации, электроники, продление срока службы твердотельных передатчиков, работы на станции на Аляске. До 2002 г. потрачено 45,1 млн. долларов, еще на завершение этого первого этапа нужно 113,2 млн. долларов. Эти меры гарантируют возможность работы системы

до 2008 г. На втором этапе в 2006-2008 годах нужно будет заменить три мачты (стоимость работы 11,5 млн. долларов) для продления срока действия «Лоран» до 2015 г. Далее, на третьем этапе в 2013-2015 гг. следует заменить пять мачт на Аляске (67 млн. долларов) для обеспечения работы системы после 2015 г. Если будет принято решение о выводе системы из эксплуатации после 2008 г., будет сэкономлено 78,5 млн. долларов за счет этапов 2 и 3, но демонтаж оценивается в 100 млн. долларов на 2008-2012 гг.

Развитие и совершенствование рабочих характеристик системы «Лоран» оценивается в 58 млн. долларов (из них 12,5 млн. долларов по 2002 г.) и предусматривает получение с помощью приемников точности 8-20 м для судоходства в гаванях и для авиации RNP 0,3 морской мили (непрецизионный заход на посадку). Основной акцент должен быть сделан на антенную технику, работу приемников по всем видимым спутникам, совершенствование моделей распространения сигнала, обеспечение бесперебойного питания станций, переход на управление по времени излучения, улучшение синхронизации, введение дифференциальных поправок. Предусматривается следующий уровень рабочих характеристик: для авиации точность 296 м, доступность 0,999, целостность 0,9999999 и непрерывность работы 0,999-0,9999; для судоходства точность 8-20 м, доступность 0,997, целостность - 10 с тревога и погрешность 25 м, непрерывность работы 0,9985-0,9997 (3 часа); для службы времени UTC ± 30 нс, по частоте 10^{-11} . ФАУ рассматривается возможность передачи дифференциальных поправок широкозонной системы GPS с помощью сигнала «Лоран-С». Результаты первых тестов положительны. Стоимость работ 38,3 млн. долларов, из них 5,3 млн. долларов затрачены по 2002 г. включительно.

Выводы и рекомендации

В результате проведенной работы специальная группа сделала следующие выводы.

Некоторые действующие системы обслуживают один вид транспорта и не могут быть использованы остальными. В целом к настоящему времени сложилась адекватная система дублирования, обеспечивающая работу транспорта, других отраслей, функции местоопределения, однако с функцией обеспечения времени ясности нет. При появлении новых применений соответствующие администрации должны будут обеспечивать дублирование этих операций. Работы по улучшению рабочих характеристик системы «Лоран» нужно продолжить для принятия обоснованного решения. Демонтаж «Лоран» лишит пользователей единственной имеющейся радионавигационной системы дублирования GPS. Совмещение морских и транспортных систем DGPS, метеорологических и геодезических средств позволило избежать больших затрат. Совмещение сетей WAAS, NDGPS и «Лоран-С» перспективно при их расширении, потому что в нынешнем составе для объединения с NDGPS есть только три новые станции WAAS на Аляске. Хотя WAAS может

соответствовать некоторым требованиям морских и сухопутных потребителей, она не предназначается для этих областей. Поэтому специальная группа сочла более перспективным завершение по плану сети NDGPS, чем приведение системы WAAS в соответствие с требованиями морских и сухопутных потребителей или, наоборот, попытки усилить сеть NDGPS для удовлетворения требований авиации. Четыре рассмотренные комплекса систем и средств радионавигации удовлетворяют потребности в основных и дублирующих системах. Что касается появления новых требований в будущем, то не все эти альтернативы смогут их обеспечить. НИОКР не рассматривались в данном исследовании, однако по мере появления новых систем нужно будет проводить их оценку.

Группа выработала ряд рекомендаций.

При принятии инвестиционных решений относительно конкретных РНС Министерство транспорта должно анализировать всю стратегию программы РНС и искать наиболее экономически выгодный путь для всех функций. Необходимо по возможности ускорить модернизацию системы GPS. Завершить оценку системы «Лоран-С» с улучшенными характеристиками и проверить возможность обеспечения требований авиации (непрецизионные операции) и морского флота (операции в гаванях). Если эти требования будут выполнены, следует эксплуатировать систему «Лоран-С» на долгосрочной основе. Если эти требования не будут соблюдены, завершить работу «Лоран» в 2008 г., чтобы дать возможность пользователям перейти на альтернативные средства. Завершить три дополнительных системных исследования: ФАУ и Береговой охране оценить возможности WAAS в системе судоходства; Береговой охране и администрациям автомобильных и железных дорог оценить возможности сети NDGPS; ФАУ оценить возможности средств LAAS поддерживать прецизионные операции авиации. При расширении систем по возможности совмещать средства WAAS, NDGPS и «Лоран-С». Развивать сеть NDGPS в соответствии с ФРП 2001. Периодически проводить подобный анализ с появлением новых требований и применений.

К отчету приложены: список сокращений, термины и определения, использованные документы (Техническое задание министерства транспорта, письмо и план мероприятий, отчеты о ранее проведенных исследованиях), таблицы сравнительного анализа требований потребителей и возможностей систем.

Обзор журнала GPS World Апрель 2004 г.

«Совместимость с будущим» - редакционная статья Глена Гиббонса под таким заголовком посвящена результатам переговоров между ЕК и США по предварительному согласованию Галилео и GPS. В промышленности известен термин «обратной совместимости», который означает возможность стыковки новой техники с предыдущими моделями по всем критериям. В ходе обсуждения проблем Галилео и GPS возникло понятие «упреждающей совместимости», которое отражает намерения США, в ответ на согласие ЕК принять условия США относительно полосы частот для открытой службы Галилео, перейти на двоичное кодирование со смещением несущей (binary offset carrier, BOC) для будущих сигналов GPS. Такая совместимость обеспечит упрощение конструкции интегрированного приемника GPS/Галилео, что даст технические и экономические преимущества. Однако важнее тот факт, что, по-видимому, США отбросили свое сопротивление и сомнения относительно Европейской глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). Что касается Европы, то для нее понятие «совместимости» приобретает все более громоздкие очертания. С одной стороны, так и не определен пока характер принципа «трех П» - партнерства частного и государственного капитала. С другой стороны, попытки привлечь зарубежных партнеров в проект с не очень понятными намерениями. Означают ли инвестиции КНР и серьезные переговоры с Индией, а затем с Израилем, что граница суверенитета будет простираться так далеко на юг и восток? Каждый дополнительный участник игры будет создавать дополнительные сложности. В любом случае, исключительно европейский контроль над Галилео не препятствует созданию неевропейских секторов для развертывания системы и рынков.

«С полки на побережье. Коммерческий приемник GPS в амфибии морской пехоты». Операции боевых машин морской пехоты относятся к категории наиболее сложных с точки зрения навигации. В машинах отсутствует комплексная навигационная система. У водителя малое поле обзора и плохо просматриваемая из-за морского прибоя и тумана полоса движения. При этом на борту амфибии находится 18 пехотинцев, и командир должен контролировать большое количество приборов. Были профинансированы исследования и испытания системы подвижного картографического отображения полосы движения на базе дифференциальной подсистемы GPS. Ставились следующие задачи: определить, какую навигационную информацию можно отображать; объединить ее с точными координатами полосы движения; наложить эту полосу на электронную карту; проверить возможность водителя работать с этой системой. Использовались готовые коммерческие недорогие приемники GPS. Создано специальное программное обеспечение на базе различных типов карт и систем отображения, которое отвечает требованиям стандарта Национального управления

картографии (NIMA). В комплект аппаратуры входит небольшой портативный ПК с «Windows 2000» и влагозащищенный 10,4-дюймовый монитор. В ходе испытаний новая система подтвердила свою высокую эффективность и простоту в использовании.

«ЕК: договоренность по GPS – Галилео дает большие преимущества». Договор может быть готов к подписанию в июне с.г. Как высказался Комиссар ЕК Х. Хилбрехт на саммите по спутниковой навигации 23 марта в Мюнхене (Германия), «мы никому не отдали право выключать Галилео или налагать вето на развитие и работу Галилео». ...Мы достигли определенной симметрии в этом соглашении». Представитель Министерства транспорта США Майк Шо заявил, что это соглашение позволит обеим сторонам подойти к решению проблем гражданского направления. По этому пути движение к обеспечению взаимодействия GPS и Галилео только начинается, и оно предполагает сертификацию сигналов, решение юридических вопросов, лицензирование, разработку требований к носителям, налоговой политики, урегулирования торговых вопросов.

Российско-европейское коммерческое предприятие по запуску спутников заключило договор с Европейским космическим агентством на запуск двух экспериментальных спутников Галилео ракетами «Союз». Первый запуск с космодрома Байконур может осуществиться в конце 2005 г., с чего начнется проверка на орбите системы Галилео и безопасности частот, выделенных для этой европейской навигационной спутниковой программы. Один спутник в настоящее время изготавливается в Великобритании фирмой Surrey Space Technologies Ltd., второй будет сделан европейским консорциумом в составе Alcatel Space Industries (Франция), Alenia Spazio (Италия), Astrium GmbH (Дания), Astrium Ltd (Великобритания). Galileo Systems y Servicios (Испания).

Генеральный директорат ЕК по транспорту и энергетике заключил договор на разработку Европейского радионавигационного плана с группой во главе с фирмой Helios Technology (Великобритания), которая оказывает консалтинговые услуги по вопросам работы аэропортов, ОВД, рынков мобильной навигации. В группу входят: немецкая фирма Telematica, маячная служба Великобритании и Ирландии, испанская фирма INECO и Лейденский университет (Нидерланды). Исследование пройдет в три этапа, с декабря 2003 г. по сентябрь с.г., и должно определить качественные стороны системы. Дополнительная информация по работе над ЕРНП на сайте www.helios-tech.co.uk/ernp.

Май 2004 г.

В редакционной статье Глена Гиббонса «В поисках очередной хорошей вещи» высказывается предположение, что систему GPS может ожидать нечто большое и важное. До недавнего времени она в основном служила тем, кто знает, что они делают:

штурманам, геодезистам, геологоразведчикам, картографам или же флотоводцам, солдатам, специалистам дальней связи. Теперь GPS стоит на пороге перехода в руки тех, кто не знает, что они делают, то есть всех рядовых граждан. «И это означает, что кто-то заработает много денег, показывая нам, что нужно делать с GPS».

Многие века способы определения местонахождения и времени развивались примерно в ногу, но затем с появлением в конце 17 века механических часов с маятником и пружиной точное измерение времени стало доступно рядовым гражданам. По мнению специалистов, это не только коренным образом изменило производство, но и перестроило человеческое сознание, оказав влияние на литературу, философию, теологию, то есть, на способы мышления и видения мира. Теперь подошла очередь для качественного скачка систем местоопределения. Если лет десять назад появление автомобильных систем со встроенными картами не вызвало ажиотажа из-за дороговизны и сложности использования, то сейчас дешевые и простые системы местоопределения на базе GPS встраиваются в машины на заводах. А кроме этого, люди хотят знать, где их дети, престарелые родители или домашние животные, и появляется мобильный телефон с встроенной системой местоопределения и т.д. Скоро местоопределение проникнет повсеместно и изменит мир в очередной раз.

Оперативная информация

Интегрированный приемник GPS/Loran-C

Фирма Reelektronika (Нидерланды) выпустила новый приемник LORADD, состоящий из двух частей: основного приемника «Лоран-С», способного также декодировать информацию Еврофикс, и модуля с программным обеспечением, которое позволяет на основе псевдодальностей GPS и «Лоран-С» определять местоположение пользователя. В LORADD приемник сигналов «Лоран-С»/«Чайка» (режим All-in-View) работает совместно с модулем u-blox TIM LP GPS, обеспечивающим прием сигналов GPS с функциями Еврофикс. Кроме того, LORADD позволяет принимать сигналы WAAS/EGNOS.

Приемник приспособлен удовлетворять все требования потребителей по выдаче данных на любой последовательный порт. Математическое обеспечение на основе Windows или какой-либо собственной может использоваться для управления приемником. Размеры приемника 11 × 8,5 × 3 см.

Облегченный приемник GPS с функциями SAASM

Фирма Raytheon выпустила цифровой помехозащищенный приемник DAR, работающий по P(Y) – коду, с облегченным модулем SAASM (Selective Availability – Antispoofing Module), одобренным правительством США. 24-канальный приемник работает в режиме «all-in-view» одновременно на двух частотах, обеспечивает точность определения скорости с использованием фазовых измерений на уровне 1 см/с, а также повышенную точность местоопределения как в широкой зоне (wide area GPS enhancement, WAGE), так и в дифференциальном режиме (DGPS). Приемник удовлетворяет авиационным требованиям к локальным дифференциальным подсистемам LAAS (Local Area Augmentation System), а также требованиям военной авиации к системе JPALS (Joint Precision Approach and Landing System), включая режим относительной навигации при посадке на корабль SRGPS (shipboard relative GPS).

Глобальная дифференциальная сеть SBAS

Сообщается о создании глобальной дифференциальной сети StarFire, использующей технологию фирмы NavCom Technology Inc. (подробнее в книге Ю.А. Соловьев, Спутниковая навигация и ее приложения, Эко-Трендз, 2003, стр. 274). В сети через связанные спутники Inmarsat с малым запаздыванием распространяются высокоточные корректирующие поправки для эфемерид и «часов» навигационных космических аппаратов GPS, позволяющие обеспечить дециметровую точность местоопределения в любой точке зоны работы ГКА Inmarsat; при этом точность практически не зависит от расстояния от опорных станций. Потребитель должен использовать интегрированные приемники фирмы Navcom типа SF-2040G (на треноге для полевых работ), SF-2050G (ранцевый) или SF-2050M (для подвижных средств),

включающие двухчастотную плату для приема сигналов GPS геодезического качества и одну трехдиапазонную антенну.

Оборудование для съемки Leica Geosystems

Фирмой Leica Geosystems создано универсальное оборудование для съемки Leica System 1200, отвечающее стандартизованным концепциям в части использования, получения и выдачи данных. Оно состоит из трех вновь разработанных основных модулей: приемника из семейства Leica GPS1200, управляющих станций (Total Stations) серий Leica TPS1200, а также общей базы данных и матобеспечения LeicaSystem 1200, включающей контейнер Leica Geo Office package. Новые приемники Leica GPS1200 характеризуются ультраточными измерительными способностями, обеспечиваемыми быстрыми RTK алгоритмами с самоконтролем для работы в реальном времени, которые используют SmartTrack и SmartCheck 30km технологии. Аппаратура рассчитана на работу при температурах от -40 до +65°C (температура хранения +80°C), является влагостойкой и выдерживающей погружение в воду на глубину до 1 м, песко- и пыленепроницаемой, работающей в условиях тропических ливней (влажность до 100 %) и песчаных бурь. Приемники GPS1200 могут приспособиваться для специальных применений, включая строительство, мониторинг, землеустройство, управление машинами и др.

Новый стандарт RTCM

Специальный комитет 104 Радиотехнической комиссии для морских служб (The Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) Special Committee) подготовил новую версию Version 3.0 стандарта для Глобальной дифференциальной спутниковой системы (Differential Global Navigation Satellite System, DGNSS). Подобно своим предшественникам стандарт призван обеспечивать высокую точность навигации и местоопределения посредством передачи поправок от опорных станций подвижным приемникам. Стандарт содержит информацию, позволяющую использовать не только системы GPS, ГЛОНАСС, но и создаваемую в настоящее время Галилео.

Стандарт позволяет обеспечить местоопределение с точностью в несколько метров при работе с псевдодальностями и несколько сантиметров при использовании также фазовых измерений в кинематическом режиме реального времени (RTK) и алгоритмов обработки двойных разностей.

Предполагается, что новый стандарт версии 3.x в сравнении с версией 2.x должен обеспечивать более высокую эффективность, включающую более совершенную схему контроля целостности и большую легкость при использовании положений стандарта разработчиками и производителями. Первоначальные публикации стандарта содержат описание сообщений для реализации режима RTK, требующего передачи значительного объема информации. Типичная версия 3.x должна использовать менее половины объема данных, требуемого предшествующей версией. Версия 3.0 доступна «онлайн» на сайте RTCM. www.gpsworld.com 14.06.04

Конференции, выставки, совещания

24 - 26 мая 2004 г. в Санкт-Петербурге в Государственном научном центре Российской Федерации - ЦНИИ «Электроприбор» прошла XI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам.

Конференция проведена усилиями коллектива ЦНИИ «Электроприбор» при поддержке Научного Совета РАН по проблемам управления и навигации, Международной общественной организации «Академия навигации и управления движением» (АНУД), института аэронавтики и астронавтики (AIAA) США, института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) США, Ассоциации астронавтики и аэронавтики Франции (AAAF), Французского института навигации (IFN).

В конференции приняли участие более 200 российских и зарубежных специалистов в области навигации и управления движением. В числе зарубежных участников представители Австралии, Аргентины, Белоруссии, Бразилии, Германии, Голландии, Италии, Канады, Китая, Кореи, Мексики, Новой Зеландии, Польши, США, Тайваня, Украины, Финляндии, Франции, Чехии и Японии.

В ходе конференции были проведены заседания по разделам: «Интегрированные системы», «Спутниковые системы», «Инерциальные системы и датчики».

Всего было представлено около 70 докладов. Конференция прошла под общим руководством генерального директора ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор» академика РАН Пешехонова В.Г. Работой отдельных заседаний руководили такие известные отечественные и зарубежные ученые и специалисты, как проф. В.З. Гусинский (Россия), д-р Дж. Шмидт (США), проф. Д.П. Лукьянов (Россия), проф. Х. Зорг (Германия), проф. Д. Синкевич (США), к.т.н. Б.С. Ривкин (Россия), проф. Л.П. Несенюк (Россия), г-н Л. Камберлен (Франция), д.т.н. Ю.А. Литманович (Россия), д-р Дж. Марк (США), д.т.н. О.А. Степанов (Россия), д-р Л. Кровелла (Италия), проф. А.В. Небылов (Россия), проф. А.В. Збруцкий (Украина).

Все пленарные и стендовые доклады конференции были посвящены актуальным проблемам развития и повышения устойчивости навигационного обеспечения космических, воздушных, наземных, морских и речных подвижных объектов, в том числе совершенствования средств инерциальной и спутниковой навигации, а также алгоритмов их объединения в интегрированные комплексы и системы.

Среди прочих можно отметить доклады:

В.Д. Дишель и др. (ФГУП НПЦ автоматики и приборостроения им. акад. Н.А. Пилюгина) «Анализ результатов первого летного испытания интегрированной инерциально-спутниковой системы навигации, ориентации и траекторного контроля ракеты-носителя и разгонного блока при выведении КА «Амос 2» на геостационарную орбиту».

А.В. Чернодаров и др. (ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского и ОАО «РПКБ») «Летная отработка бортовых оценивающих фильтров».

В.Г. Пешехонов и др. (ЦНИИ «Электроприбор») «Интегрированный перископный комплекс».

Э.К. Браун (корпорация NAVSYS, США) «Результаты тестирования интегрированной с GPS инерциальной навигационной системы, использующей дешевый инерциальный измерительный блок с микроэлектромеханическими датчиками».

Г. Гертен (General Dynamics, США) «Защита глобальной системы определения местоположения».

К.У. МакФерсон и др. (Австралия) «Результаты новых испытаний по сертификации дополняющей GPS региональной системы наземного базирования».

А. Банашович и др. (Польша) «Исследование возможностей управления движением барж с помощью DGPS в районе низкого течения Одера».

Ф. Бастид и др. (Франция - Бельгия) «Моделирование ухудшения отношения «сигнал – шум» для сигналов E5a/E5b системы Галилео из-за сигналов DME/TACAN и JTIDS/MIDS».

И. Патюрель и др. (Франция) «ВОГ-технология и системы на основе ВОГ производства IXSEA».

П.К. Плотников и др. (Саратовский ГТУ, ООО «Оптолинк») «Волоконно-оптический гирокомпас на основе бесплатформенной инерциальной системы ориентации и навигации».

Д.П. Лукьянов и др. (Санкт-Петербургский электротехнический университет, ЗАО «Гирооптика», ЗАО «Авангард-Элионика») «Разработка и исследование микроакселерометра на поверхностных акустических волнах».

Сеонхо Сеок и др. (Корея) «Микроэлектромеханический кремниевый резонансный акселерометр для навигационных приложений».

Обращает на себя внимание большое число докладов, посвященных разработке инерциальных чувствительных элементов на новых физических принципах, а также соответствующих интегрированных спутниково-инерциальных систем, предназначенных для использования на массовых подвижных транспортных средствах.

В то же время ряд докладов, например, Г. Джонсон и др. (США) «Может ли «Лоран-С» удовлетворить требованиям к системе, резервной по отношению к GPS?» и Б. Петерсон и др. (США) «Разработка усовершенствованной системы «Лоран-С», был посвящен планированию мероприятий по снижению уязвимости спутниковых систем вследствие воздействия различных мешающих факторов.

Конференция прошла исключительно организованно и эффективно. Очередная аналогичная 12-я Санкт-Петербургская международная конференция запланирована на 23-25 мая 2005 г.

Лекции по современным инерциально-спутниковым технологиям

31 мая - 1 июня 2004 года Центр спутниковых информационных технологий МАИ совместно с ЗАО ПРИН организовал проведение цикла лекций – «Достижения в разработке навигационных датчиков и в технологиях их интеграции», которые были прочитаны ведущими зарубежными специалистами США, Великобритании, Германии и Франции:

- Др. Дж. Шмидт (Dr. George T. Schmidt, The Charles Stark Draper Laboratory, Inc., США), Тенденции развития инерциально-спутниковых (ИНС/GPS) технологий.
- Др. Н. Барбор (Dr. Neil M. Barbour, The Charles Stark Draper Laboratory, Inc., США), Инерциальные навигационные датчики.
- П. Савейдж (Mr. Paul G. Savage, President Strapdown Associates, Inc., США), Алгоритмы бесплатформенных инерциальных систем (БИНС).
- П. Савейдж, Анализ характеристик БИНС.
- Др. Дж. Шмидт и Р. Филипс (Mr. Richard E. Phillips, The Charles Stark Draper Laboratory, Inc., США), Архитектура интегрированных инерциально-спутниковых систем.
- Др. Дж. Шмидт и Р. Филипс, Сравнение характеристик вариантов архитектуры интегрированных инерциально-спутниковых систем.
- Др. Н. Барбор и др., Применения инерциальных микроэлектромеханических систем.
- Др. Дж. Фаунтейн (Dr J. Richard Fountain, Senior Consultant Engineer BAE SYSTEMS, Великобритания), Обзор характеристик кремниевых вибрационных гироскопов.
- Ж. Меноцци (G. Menozzi, MEMSCAP S.A. Parc des Fontaines, Франция) и Е. Плеска (E. Pleska, DGA-STTC, Département Guidage et Navigation, Франция), Микроэлектромеханические системы во Франции – обзор тенденций и продукции для авиационных и оборонных применений.
- Др. Дж. Фаунтейн, Кремниевые инерциальные измерительные блоки для управляемых снарядов и оружия.
- Г. Хандрих (G.E. Handrich, LITEF GmbH), Гироскопические волоконно-оптические системы и микроэлектромеханические акселерометры.

Лекции были подготовлены по заказу Исследовательской и технологической организации НАТО (The Research and Technology Organisation (RTO) of NATO) и записаны на компакт-дисках для слушателей. Они предназначены для специалистов стран-участников НАТО, а также для специалистов стран, участвующих в программе «Партнерство во имя мира» (в том числе России).

Из истории навигации

**К 70-летию мирового рекорда дальности полета по
замкнутому маршруту**

Г.Ф. Молоканов

В сентябре этого года исполняется 70 лет с момента установления мирового рекорда дальности полета по замкнутому маршруту отечественными авиаторами. Условия осуществления этого полета и сейчас представляют существенный интерес для специалистов, занимающихся совершенствованием навигационного обеспечения самолетов и вертолетов.

Вот как описал этот полет его участник – штурман Иван Тимофеевич Спиринов в своей книге «В голубом небе», изданной в 1960 г. издательством «Советская Россия».

«Весной 1933 года М.М. Громов, А.И. Филин и я готовились к рекордному полету на дальность по замкнутой кривой на новом советском самолете АНТ-25. Этот самолет, построенный под руководством А.Н. Туполева конструктором П.О. Сухим, был оснащен мотором АМ-34 мощностью 900 лошадиных сил. Самолет был рассчитан на большой радиус действия, расчетная дальность его составляла около 15 тысяч километров. Полетный вес – 11500 килограммов.

РД (рекордная дальность – второе название самолета) внушал нам полное доверие».

Оборудование этого самолета описал в своей книге «Полет сквозь годы» (Воениздат, 1981 г.) А.В. Беляков: «АНТ-25 имел богатое по тому времени оборудование авиационными приборами. В кабине первого летчика находились часы, высотомер, авиагоризонт, указатель скорости, указатель поворота и скольжения, вариометр, гиropolукомпас (впоследствии был добавлен гироманнитный компас). Кроме того, имелись приборы контроля работы двигателя... Справа от приборной доски стоял обычный жидкостный авиационный компас летчика и отдельно очень важный прибор – измеритель расхода горючего...»

Несколько меньше авиационных приборов устанавливалось в кабине второго летчика и штурмана. Самолетовождение на большие расстояния на АНТ-25 обеспечивали солнечный указатель курса, радиокompас, авиационный секстан и прибор (визир) для измерения путевой скорости и угла сноса». Продолжим рассказ И.Т. Спирина.

«Путь к рекорду был труден. Многие видят в рекордных полетах только романтику и не представляют себе, какой большой кропотливый труд летчиков, техников, инженеров, конструкторов и многих других специалистов заложен в каждом достижении нашей авиации. Много неудач и огорчений пришлось нам испытать».

К выполнению нашего плана – установить мировой рекорд – мы сумели приступить только в июле 1934 года.

На аэродром, как всегда, приехал К.Е. Ворошилов. Он лично проверял готовность к перелету. Для установления мирового рекорда мы должны были летать по треугольнику Москва – Рязань – Тула – Москва. В каждом пункте треугольника находился спортивный комиссар. На случай ухудшения погоды нам давались еще два запасных треугольника. Один – в районе Харькова и другой – в районе Ростова».

Первая попытка окончилась неудачно. Из-за неполадок в работе двигателя пришлось совершить вынужденную посадку в Рязани. Громов мастерски посадил самолет ночью с горящим мотором.

«В сентябре 1934 года мы еще раз пытаемся осуществить задуманный перелет.

Вылетели на рассвете 10 сентября. За штурвалом – Михаил Громов. Идем по тому же маршруту.

Весь день стояла хорошая погода. Мы спокойно ходили по основному маршруту. Мотор работал великолепно. Через каждые три часа я разговаривал с землей по радио. День прошел незаметно. Надвигалась ночь. Погода ухудшилась. Мы продолжали полет, забравшись на высоту около четырех тысяч метров. Земли не видно. Лишь временами сквозь небольшие окна показывались огни населенных пунктов.

Утро мрачное, мглистое, холодное. Облачность еще плотнее заволочла землю. Сведения о погоде неутешительные. Мы уже подумывали о том, чтобы уйти с основного треугольника на запасный маршрут. Но оказалось, что мощный циклон охватил всю Европейскую часть Советского Союза, Крым и Кавказ. Оставалось держаться здесь, поблизости от Москвы. В середине второго дня погода окончательно испортилась. Мощные дождевые и грозовые облака густо нависли над землей. Лил дождь. Верхний слой облаков простирался до пяти, а местами до семи тысяч метров. Особенно трудным оказался район между Рязанью и Тулой. Низко пройти невозможно. Пробиваем облака, забираемся все выше и выше, 4000 метров, 5000 метров, а облачности и конца нет. Мороз. Отказало радио. Это большая неприятность.

На большой высоте мы продолжаем полет на Тулу. От мороза замерзли и полопались бутылки с нарзаном и боржомом. Остались без питьевой воды.

Подходим к Туле. Облачность доходит почти до семи тысяч метров. Пробиваем облачность с тем, чтобы попытаться пройти низом. На высоте 2000 метров мы оказались в своеобразной обстановке. Самолет летел в шарообразном безоблачном пространстве. Оно окаймлялось облаками, а мы находились как бы внутри гигантского шара. По сторонам мощные кучевые и грозовые облака. То там, то здесь их пронизывали молнии.

Пробую включить радио. Оно отогрелось, работает. Надо срочно запросить район, где стоит лучшая погода. Антенну убрали, так как опасались, что при полете в облаках в самолет может ударить молния. Быстро выпускаю антенну. Закоченевшие

руки упустили рукоятку лебедки. Антенна стремглав летит вниз, обрывается и падает на землю. Долго вожусь, пристраивая запасную антенну.

Под утро летели низко над землей. Низкая облачность. Стена осеннего дождя. Ничего не видно. Берем курс на Москву. Лететь становится еще труднее. Снова стараемся выйти за облака. Набираем высоту. Наконец выходим.

Огромными белыми громадами висят облака. Земли не видно. Уже сколько часов идем в облаках!

Связываюсь по радио с землей и сообщаю об ухудшении погоды. Прошу разрешения перейти на запасной маршрут. Оказалось, что и на запасных маршрутах такая же плохая.

Когда мы подходим к Москве, разражается мощный ураган. В довершение хлынул ливень. Самолет, вылетевший нам навстречу, чтобы контролировать наш полет, едва спасся от катастрофы.

Срочно уходим от Москвы. Снова в Рязань.

Наступает ночь. «Можно ли держаться в районе Москвы?» – запрашиваем штаб руководства. Получаем ответ: «Особых улучшений погоды ждать невозможно. Попробуйте продержаться на еще меньшем треугольнике на северо-востоке от Москвы».

Просим возможно ярче осветить поворотные пункты нового треугольника.

Сентябрьская ночь. Мрачная, свисающая до земли облачность стелется в несколько ярусов. Дождь, дождь без конца. Мы на высоте 3500 метров. Ниже и выше нас почти сплошная пелена облаков. Иногда еще заметны огни Москвы или лучи прожектора на одном из поворотных пунктов. Долгожданный рассвет наступает как-то медленно, лениво, неохотно. Решаем вернуться на главный треугольник. Снова порывистая болтанка, снова приходится обходить грозы и мощные облака. Мы маневрируем и летим, покрывая километр за километром. Это третьи сутки полета.

К 4 часам погода совсем испортилась. Разбушевавшаяся стихия словно требовала прекращения полета. Мы связались с Москвой. Получили неожиданный ответ: «Знаем, видим. Удивляемся, как вы держитесь до сих пор. Погода везде плохая. Есть одна возможность – идти в район Севастополя. Но и там метеорологические условия не лучше. Примите решение сами».

Через несколько минут мы уже шли на юг, по направлению к Севастополю. Ураганный ветер гнал машину с большой скоростью. Мы шли ниже облаков на высоте 159–200 метров. В дымке дождя и тумана мелькали леса, населенные пункты, реки...

Темнота застала в районе Харькова. Все по-прежнему: мелкий дождь и облачность, ветер, доходящий до 80 километров в час. Не видно не земли, ни неба. Лишь изредка под крылом промелькнет слабый огонек. Что это? Костер пастуха? Или избушка? Никаких ориентиров. Летим так низко (временами снижались до 50 метров), что самолет мог зацепить крылом какую-нибудь возвышенность, и тогда все кончено.

Подходим к району Сиваша. Идти вперед невозможно. Решаем возвращаться на старую трассу. Летим к Харькову. Сильный встречный ветер снижает скорость. То расстояние, которое мы прошли по ветру за 20 минут, заняло около часа. Наконец где-то вдали показались огни. Это Харьков. Обходим его с западной стороны. Совершенно неожиданно погода несколько прояснилась. Мы смогли набрать высоту 300 метров, потом 400 и 500. Решаем продолжать полет в районе Харькова. «Весна, Весна», – выстукиваю я ключом позывные радиостанции штаба. Ответа нет. Долго носится в эфире: «Весна, Весна, я Стрела, нахожусь над Харьковом. Дайте треугольник». Ответа нет. Начинаю вызывать Харьков. Харьков не отвечает. Наконец слышу: «Стрела, я – Лена. Харьков, по-видимому, неисправен. Я вас слышу все время хорошо. Что передать и кому?» Оказалось, это Ростов. Через Ростов связались с Москвой и Харьковом. Мы ходим по новому треугольнику в районе Харькова. Высота 2000 метров. Внизу все забито плотным осенним туманом. В 23 часа я подсчитал, что мы прошли уже 10700 километров. Мировой рекорд побит!

Мы с Громовым решаем пока не сообщать об этом и полетать еще несколько часов. Снова ходим по своему треугольнику. Но вот забрезжил рассвет. И мы передаем в эфир радиограмму: «Сталину, Ворошилову. Счастливы донести о великой победе советской авиации. Мировой рекорд за Страной Советов. Только железная воля и настойчивость большевиков могли создать такой самолет и такой мотор, которые на сегодняшний день побили лучшие самолеты мира. Благодарим за доверие и исключительное внимание»...

Мы пробыли в воздухе 75 часов 2 минуты без посадки и покрыли за это время 12411 километров».

За этот полет, длившийся с 10 по 13 сентября 1934 г., М.М. Громову было присвоено звание Героя Советского Союза, а И.Т. Спирин и А.И. Филин награждены орденами Ленина.

Опыт осуществления этого полета был эффективно использован при осуществлении последующих знаменитых операций отечественной авиации: высадки экспедиции И.Д. Папанина на Северный полюс, беспосадочных перелетов из Москвы через Северный полюс в Америку в 1937 г. и др.

Наши поздравления

14 июня 2004 г. исполнилось 70 лет директору ЦНИИ «Электроприбор» Владимиру Григорьевичу Пешехонову, академику РАН, доктору технических наук, профессору, лауреату Ленинской и Государственной премий Российской Федерации.

Владимир Григорьевич родился в Ленинграде. В 1958 г. окончил с отличием радиофизический факультет Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина. Начиная с 1958 г., прошел путь от инженера до директора ЦНИИ «Электроприбор». Является ведущим специалистом страны в области высокоточной навигации и автором основополагающих работ по теории и принципам построения морского навигационного оборудования.

С 1973 г. Владимир Григорьевич - главный конструктор ряда морских навигационных комплексов. Участвовал в испытаниях атомных подводных лодок и надводных кораблей. В ходе испытаний одного из новых комплексов в марте 1980 г. участвовал в качестве технического руководителя в первом зимнем походе отечественной атомной подводной лодки к Северному полюсу. В настоящее время активно работает над проблемами интегрированных систем навигации наземных, морских и аэрокосмических объектов.

Владимир Григорьевич активно занимается общественной научной работой. Он является Председателем Научного совета РАН по проблемам транспорта, членом Президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН, председателем Санкт-Петербургской комитета по автоматическому управлению, членом бюро Отделения энергетики группы национального, машиностроения, механики и процессов управления РАН, членом бюро и председателем секции Научного совета РАН по управлению движением и навигации, главным редактором журнала «Гироскопия и навигация», председателем Программного и Организационного комитетов ежегодной Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам и конференции памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов и систем Н.Н. Острякова, Президентом международной общественной организации «Академия навигации и управления движением».

Будучи членом Высшей аттестационной комиссии и Совета по грантам Президента РФ для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ РФ, заведующим кафедрой «Информационно-навигационные системы» Санкт-Петербургского института точной механики и оптики, Владимир Григорьевич большое внимание уделяет подготовке молодых специалистов.

Владимир Григорьевич - лауреат «Золотой Книги Санкт-Петербурга», Почетный президент НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова и Почетный доктор Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ».

Коллектив ФГУП «НТЦ «Интернавигация» и Российский общественный институт навигации поздравляют глубокоуважаемого Владимира Григорьевича Пешехонова с юбилеем и желают доброго здоровья и новых успехов на благо отечественной науки и техники.

Новые книги и журналы

Г.Ф. Молоканов «История штурманской службы Военно-воздушных сил России».

Издательство «Агропрогресс» выпустило «Историю штурманской службы Военно-воздушных сил России». Книга написана профессором, доктором технических наук, заслуженным деятелем науки РФ, генерал-майором авиации Г.Ф. Молокановым по заданию президиума Совета ветеранов штурманской службы авиации Вооруженных Сил РФ. Она повествует об истории этой службы, зародившейся в годы первой мировой войны для более полной реализации боевых возможностей авиации, как нового средства вооруженной борьбы.

Известно, что военных наблюдателей - будущих навигаторов, которых готовили для ведения воздушной разведки и корректировки артиллерийского огня с привязных аэростатов, породило воздухоплавание. Аэропланы значительно расширили и усложнили круг решаемых с их помощью боевых задач, вызвав необходимость специализации в военной авиации.

В соответствии с ее основным предназначением формировались и соответствующие службы (управления полетов в аэродромной зоне, аэронавигационная, связи, метеорологическая, аэрофотографии, инженерная, медицинская, материального обеспечения и др.), необходимые для эффективного функционирования нового вида Вооруженных Сил как в мирное, так и в военное время. Повышение эффективности боевых действий авиации было основным содержанием напряженной работы аэронавигационной службы, названной позднее штурманской. Это показано на фоне общей истории авиации, которая в 2003 году отметила свое 100-летие.

Рассчитанная на широкий круг читателей, интересующихся увлекательными событиями при освоении пятого океана, особый интерес книга может представить для авиационных специалистов вообще и штурманского состава в особенности. В основу книги положены документальные и литературные материалы исторического характера, а также воспоминания лиц, принимавших активное участие в становлении, формировании и развитии штурманской службы как в мирное время, так и в годы войны.

В книге 500 страниц, 10 глав, 155 исторических фотографий. В начале каждой главы и параграфа в качестве эпиграфов помещены афоризмы, образные сравнения, мудрые мысли, которые, согласно Д.И. Писареву, способны многое прибавить к тому, что дает само содержание книги.

* * *

Планы и календари

**КАЛЕНДАРЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ
НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2004 – 2007 гг.**

*Календарь подготовлен с помощью материалов IAIN News, ION, журнала GPS World,
<http://www.gpsworld.com>, и других источников*

JULY 12-24 2004

ISPRS 2004

Istanbul, Turkey. The XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing carries the theme “Geo-Imagery Bridging Continents.” Contact: Magister Tours Inc. Halaskargazi Caddesi, 321/1 80260 Sisli-Istanbul Turkey Phone: +90 212 230 00 00 (pbx) Fax: fax +90 212 248 40 30 www.magister.tr. E-mail: congress@magister.com.tr

JULY 19-25 2004

FARNBOROUGH INT

Farnborough, UK. Contact: SBAC.

AUGUST 2004

AIAA Guidance, Navigation and Control Conference and Exhibition.

USA. Portland. Oregon.

AUGUST 9-13 2004

ESRI International User Conference

San Diego, California, USA. Product presentations, technical sessions, user-produced map gallery and plenary sessions, fax 909/793-5953. E-mail: uc2004@esri.com, <http://www.esri.com>.

SEPTEMBER 21-24 2004

ION GNSS 2004

Long Beach, California. Contact: ION National Office, 1800 Diagonal Road, Suite 480, Alexandria, VA 22314, USA, (703) 683-7101, fax (703) 683-7105, e-mail meetings@ion.org, <http://www.ion.org/>.

OCTOBER 5-6 2004

ISPA 2004

International Symposium on Precision Approach and Automatic Landing. Munich, Germany. German Institute of navigation, Kolnstrasse 79, D-53111 Bonn. Tel +49-(0)228-20197.0, fax +49-(0)228-20197.19, e-mail dgon.bonn@t-online.de, <http://www.dgon.de>.

OCTOBER 6-10 2004

JAPAN AEROSPACE 2004

Yokohama, Japan. Contact: SIAC.

ОКТЯБРЬ 13-14 2004

XXIV конференция памяти Н.Н. Острякова

Санкт-Петербург. Государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор». Контакт: Государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 197046, Россия, Санкт-Петербург, Малая Посадская, 30, тел. (812) 238-78-38, (812) 238-82-10, fax +7 (812) 232-33-76, e-mail elprib@online.ru, <http://www.elektropribor.spb.ru>.

NOVEMBER 1-7 2004

Zhuhai Air Show China 2004

Guangdong, China.

NOVEMBER 9-11 2004

NAV + AIS 04

RIN/Faraday. London, UK.

DECEMBER 6-8 2004

GNSS 2004

Sydney, Australia. The 2004 International Symposium on GPS/GNSS sponsored by the School of Surveying & Spatial Information Systems at the University of New South Wales. Includes keynote speakers, oral and interactive poster sessions, workshops, and a trade exhibition. The International Information Subcommittee of the U.S. Civil GPS Service Interface Committee (CGSIC) will organize an informative session on Global Navigation Satellite System developments. Contact Info: Dr. Jinling Wang The University of New South Wales Sydney Australia Phone: 61-2-9385 4203 Fax: 61-2-9313 7493 Website: <http://www.gnss2004.org/> E-mail: jinling.wang@unsw.edu.au

DECEMBER 8- 10 2004

NAVITEC 2004

Noordwijk, The Netherlands. The European Space Agency (ESA) holds its second workshop on Satellite Navigation User Equipment Technologies. Workshop scope will include navigation equipment and techniques: receivers, data processing algorithms (for example, ambiguity resolution, ionosphere estimation, integrity, attitude determination, data fusion techniques), signal processing techniques for the modernized signals, and applications of GNSS (terrestrial, maritime and air transport, radio-occultation, altimetry, formation flying). Website: <http://www.congrex.nl/04c09/>

JANUARY 24-26, 2005

ION 2005 National Technical Meeting

Catamaran Resort Hotel, San Diego, California. Contact: ION National Office, 1800 Diagonal Road, Suite 480, Alexandria, VA 22314, USA, (703) 683-7101, fax (703) 683-7105, e-mail meetings@ion.org, Internet <http://www.ion.org/>.

МАЙ 23-25 2005

XII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам

Санкт-Петербург. Государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор». Контакт: Государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 197046, Россия, Санкт-Петербург, Малая

Посадская, 30, тел. (812) 238-78-38, (812) 238-82-10, fax +7 (812) 232-33-76, e-mail elprib@online.ru, <http://www.elektropribor.spb.ru>.

JUNE 27-29, 2005

ION 61st Annual Meeting Royal Sonesta Hotel, Cambridge, Massachusetts. Contact: ION National Office, 1800 Diagonal Road, Suite 480, Alexandria, VA 22314, USA, (703) 683-7101, fax (703) 683-7105, e-mail meetings@ion.org, Internet <http://www.ion.org/>.

JUNE 30-JULY 1 2005

ENC/GNSS 2005

EUGIN/DGON, Munich, Germany.

SEPTEMBER 13-16 2005

ION GNSS 2005

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

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, (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 бюллетеня, а также за наличный расчет. Время оформления подписки не ограничено.

В стоимость подписки входит оплата 4-х номеров журнала. Стоимость подписки с учетом почтовых расходов и НДС – 600 руб.

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

Россия, 109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер. 2,

ФГУП «НТЦ СНТ «Интернавигация».

Контактный телефон: (095) 926-25-01, 926-29-66.

Факс: (095) 926-28-83

E-mail: internavigation@rgcc.ru.

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 _____

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. Математические формулы оформляются через редактор формул *"Equation Editor"*.