

**НОВОСТИ  
НАВИГАЦИИ  
№ 1, 2007 г.**

**Научно-технический  
журнал  
по проблемам навигации  
УДК 621.78:525.35**

*Редакционная коллегия:*

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

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

*Члены редакционной коллегии:*

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

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

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

**СОДЕРЖАНИЕ**

ЗАСЕДАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ФЕРНС

О РАБОТЕ ДЕЛЕГАЦИИ РОССИИ НА 1-м ЗАСЕДАНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ  
ГРУППЫ ФЕРНС 26 ФЕВРАЛЯ – 2 МАРТА 2007 г. ТОКИО, ЯПОНИЯ ..... 3

В РОССИЙСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ НАВИГАЦИИ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОМУ СЕМИНАРУ  
«ЛЕТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ» 35 ЛЕТ ..... 4

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК  
СИГНАЛОВ ИФРНС «ЛОРАН-С» И «ЧАЙКА» В АКВАТОРИИ  
БАЛТИЙСКОГО МОРЯ И НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ ..... 7  
А.В. Балов, И.Б. Бедрин, А.Г. Геворкян, И.К. Конаржевский, В.М. Царев

СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ  
СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ..... 14  
Н.П. Марьин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АЛГОРИТМА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ,  
ПОЛУЧЕННЫХ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ОДНОЧАСТОТНОЙ  
ДВУХСИСТЕМОЙ СПУТНИКОВОЙ АППАРАТУРЕ GEO-161  
ПРИ РАБОТЕ В СТАТИЧЕСКОМ И ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМАХ ..... 25  
С.Н. Свердлик, С.Н. Цуцков

О ФЕДЕРАЛЬНОМ РАДИОНАВИГАЦИОННОМ ПЛАНЕ США 2005 ГОДА ..... 29

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ ..... 37

ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ..... 42

КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ

4-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ «GEOFORM+» ..... 44

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕМИНАР  
«ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ  
НАВИГАЦИОННО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ» ..... 45

ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ

РОССИЙСКОМУ ИНСТИТУТУ РАДИОНАВИГАЦИИ И ВРЕМЕНИ – 50 ЛЕТ ..... 47

НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ ..... 49

ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ ..... 51

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

Компьютерная верстка: ООО НТБ «Энергия», [www.bcard.ru](http://www.bcard.ru)  
Типография ООО «Полиграф», Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24

---

---

# Contents

---

---

## MEETING OF THE FERNS TECHNICAL WORKING GROUP

ON THE WORK OF THE RUSSIAN DELEGATION IN THE 1 <sup>st</sup> MEETING OF THE FERNS TECHNICAL WORKING GROUP FEBRUARY 26 <sup>th</sup> – MARCH 2 <sup>nd</sup> , 2007 TOKYO, JAPAN .....	3
---	---

## IN THE RUSSIAN PUBLIC INSTITUTE OF NAVIGATION

35 <sup>th</sup> ANNIVERSARY OF THE SCIENTIFIC PRACTICAL WORKSHOP “AIRCRAFT OPERATIONS” .....	4
--	---

## SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES

REVIEW OF INVESTIGATION RESULTS OF CHAYKA AND LORAN-C SIGNAL TRIALS IN THE BALTIC SEA AND ADJACENT REGIONS.....	7
---	---

A. Balov, I. Bedrin, A. Gevorkian, I. Konarzhevsky, V. Tsarev

STATUS AND DEVELOPMENT TREND OF COLLISION AVOIDANCE SYSTEMS FOR FLIGHT VEHICLES IN AN AIRSPACE.....	14
--	----

N. P. Marjin

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE EFFICIENCY OF THE STATISTIC PROCESSING ALGORITHM FOR MEASUREMENT RESULTS OF THE DOMESTIC SINGLE-FREQUENCY GLONASS/GPS UNIT GEO-161 IN A STATIC AND DYNAMIC MODES OF OPERATIONS.....	25
--	----

S. Sverdlik, S. Tsutskov

ON THE US FEDERAL RADIONAVIGATION PLAN (2005) .....	29
---	----

<u>DIGEST OF FOREIGN MAGAZINES</u> .....	37
--	----

<u>OPERATING INFORMATION</u> .....	42
------------------------------------	----

## CONFERENCES, EXHIBITIONS, MEETINGS

4 <sup>th</sup> INTERNATIONAL INDUSTRIAL FORUM GEOFORM+ .....	44
---	----

WORKSHOP «PROBLEMS OF IMPLEMENTATION AND OPERATION OF THE NAVIGATION/TIME SUPPORT SYSTEM» .....	45
--	----

## FROM THE HISTORY OF NAVIGATION

50 <sup>th</sup> ANNIVERSARY OF THE RUSSIAN INSTITUTE OF RADIONAVIGATION AND TIME .....	47
--	----

<u>NEW BOOKS AND MAGAZINES</u> .....	49
--------------------------------------	----

<u>PLANS AND CALENDARS</u> .....	51
----------------------------------	----

---

---

# О РАБОТЕ ДЕЛЕГАЦИИ РОССИИ НА 1-м ЗАСЕДАНИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ФЕРНС 26 ФЕВРАЛЯ — 2 МАРТА 2007 г. ТОКИО, ЯПОНИЯ

ON THE WORK OF THE RUSSIAN DELEGATION IN THE 1<sup>st</sup> MEETING OF THE FERNS  
TECHNICAL WORKING GROUP FEBRUARY 26<sup>TH</sup>— MARCH 2<sup>ND</sup>, 2007. TOKYO, JAPAN

Совет ФЕРНС на своем 12-м заседании, которое состоялось в 2003 году, принял решение о создании Технической рабочей группы для решения технических проблем и совершенствования работы совместных цепей. Техническая рабочая группа (ТРГ) была создана и провела одно заседание. Однако потом в ее работе произошел перерыв. Группа возобновила свою работу под председательством профессора Гуг Сунн Ги из Корейского морского университета и на 15-м заседании Совета ФЕРНС приняла решение провести 1-е заседание ТРГ с 27 февраля по 2 марта 2007 года. По приглашению Береговой охраны (БО) Японии местом проведения заседания наметили г. Токио.

Работа российской делегации в г. Токио проходила по трем направлениям. Основной задачей являлось участие в 1-м заседании Технической рабочей группы ФЕРНС, которое открылось 27 февраля. Накануне, 26 февраля, Береговой охраной Японии была организована встреча российских и японских специалистов в рамках инициированного по предложению 15-го заседания Совета ФЕРНС формирования Российско-Японской рабочей группы для решения технических вопросов в объединенной Российско-Японской цепи. В связи с присутствием на 1-м заседании ТРГ стран-наблюдателей в задачи российской делегации входило также продолжение двусторонних переговоров с представителями этих стран.

На утреннем заседании 26 февраля, а также на дополнительном совещании 27 февраля были отработаны взаимоприемлемые условия продолжения испытаний с целью улучшения работы Российско-Японской цепи, достигнута договоренность об обмене официальными письмами с определением полномочий для дальнейшего формирования двусторонней рабочей группы и принят протокол по итогам встречи.

На дневном заседании 26 февраля прошла четырехсторонняя встреча Россия—Корея—Япония по вопросам работы Корейско—Российско—Японской цепи. В ней принимал участие представитель БО США для обмена опытом работы в Российско-Американской цепи РАЦ. По итогам встречи был принят протокол.

1-е заседание Технической рабочей группы ФЕРНС открылось 27 февраля. На заседании присутствовали делегации Республики Корея, Японии, Российской Федерации и Китайской народной Республики, а также наблюдатели от Министерства рыболовства

и береговых дел Норвегии, БО США и Единой администрации маячных служб Великобритании и Ирландии. В соответствии с повесткой дня страны-участницы заседания представили доклады по проблемам совершенствования работы совместных цепей, по улучшению организации работы сетей ДГНСС и систем АИС. По предложению России, на 15-м заседании Совета ФЕРНС в повестке дня был вопрос об аппаратуре потребителей, как Лоран-С/Чайка, так и интегрированной. Из выступлений участников заседания сложилось впечатление об относительно ограниченном выборе приемников.

Норвегия выступила с сообщением о своем Радионавигационном плане на 2007 год. От Единой администрации маячных служб Великобритании и Ирландии был представлен доклад по концепции е-навигации, развиваемой в Великобритании. Представитель БО США доложил о проблемах дальнейшего существования системы Лоран-С в США и о перспективах е-Лоран.

Техническая рабочая группа разработала и утвердила программу работы на 2007—2009 годы, которая обозначила виды работ и временные рамки по основным направлениям и поручениям для ТРГ, определила порядок отчетности перед Советами ФЕРНС. Она станет приложением протокола, который в настоящее время обсуждается участниками заседания ТРГ.

Программа работы российской делегации на 1-м заседании ТРГ ФЕРНС предусматривала рабочие встречи с делегациями наблюдателей. В ходе такой встречи представители Норвегии подтвердили, что проделали определенную работу по договоренности на 15-м заседании Совета ФЕРНС и имеют намерение посетить Россию весной и встретиться с Российской стороной осенью с.г. Во время беседы с представителем Береговой охраны США было принято решение в рабочем порядке готовить очередное заседание Координационного Совета РАЦ, однако при этом исходить из реальной ситуации в США в отношении Лоран, которая должна проясниться к июню с.г. Встреча с генеральным директором департамента исследований и радионавигации Единой маячной службы Великобритании и Ирландии прошла плодотворно и в обстановке взаимопонимания.



# НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОМУ СЕМИНАРУ «ЛЕТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ» 35 ЛЕТ

## 35<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF THE SCIENTIFIC PRACTICAL WORKSHOP «AIRCRAFT OPERATIONS»

30 января 2007 г. в актовом зале Государственного научно-исследовательского института «Аэронавигация» под руководством профессора, доктора технических наук, Заслуженного деятеля науки Российской Федерации Белгородского С. Л. состоялось юбилейное заседание научно-практического семинара «Летная эксплуатация воздушных судов». Работа семинара проводится в рамках мероприятий ГосНИИ «Аэронавигация», Международной академии транспорта, Комиссии по расследованию авиационных происшествий на воздушном транспорте Межгосударственного авиационного комитета и Секции воздушного транспорта Российского общественного института навигации (РОИН).

35 лет назад в Шереметьево в актовом зале ГосНИИ гражданской авиации (ГА) состоялось первое заседание семинара, носившего тогда название «Средства и методы снижения минимумов для взлета и посадки воздушных судов». Рождение семинара было естественным в тогдашней жизни гражданской авиации, которая в конце 60-х – начале 70-х годов активно внедряла средства автоматизации захода на посадку, позволявшие повысить безопасность и регулярность полетов.

Сотрудники ГосНИИ ГА вместе с летно-инструкторским составом Управления летной службы МГА, которую возглавлял И. Ф. Васин, летали по разным аэропортам, помогая летному и техническому составу осваивать директорные и автоматические заходы на посадку. Тогда же стало ясно, что проблемы автоматизации управления самолетом и снижения минимумов затрагивают большой круг вопросов эксплуатации наземного оборудования, метеообеспечения полетов и другие. По-новому пришлось посмотреть на вопросы взаимодействия членов экипажа, в первую очередь, распределения обязанностей между командиром воздушного судна (ВС) и вторым пилотом. Выявилась необходимость систематического обмена опытом по этим проблемам.

Вот здесь и возникла идея организации постоянно действующего семинара. Она была поддержана начальником ГосНИИ ГА М. И. Кузнецовым. На первом заседании семинара заслушали доклад, в котором была рассмотрена новая методика определения минимумов для взлета и посадки ВС, разработанная в ГосНИИ ГА.

Подготовка, организация и проведение этого и последующих семинаров стали возможными благодаря усилиям сотрудников 15 отдела ГосНИИ ГА и, в первую очередь, А. А. Музалева и И. Р. Резниковой.

Сначала семинары были ориентированы главным образом на летно-технический состав ГА. Однако с течением времени состав участников семинара стал расширяться, и выявилась целесообразность расширить его тематику. Соответственно изменилось и название семинара.

После передачи тематики, связанной с бортовым пилотажно-навигационным оборудованием, из ГосНИИ ГА в НЭЦ АУВД (впоследствии ГосНИИ «Аэронавигация») изменилось учредительство семинара. При этом тематическое направление «Летная эксплуатация воздушных судов» осталось приоритетным.

Более того, в эти годы на семинаре значительно увеличилось число докладов по проблемам человеческого фактора. Этому в большой степени содействовали контакты с институтом авиационно-космической медицины.

В начале 90-х гг. была осознана необходимость более тесного взаимодействия с Российской академией транспорта и Комиссией по расследованию авиационных происшествий на воздушном транспорте «Межгосударственного авиационного комитета» (МАК). Эти организации также стали соучредителями семинара.

Эффективность плотных контактов с МАК подтверждается ежегодными, обычно на мартовских семинарах, докладами его представителей о состоянии безопасности полетов в гражданской авиации России и стран СНГ и анализом материалов расследования катастроф тяжелых самолетов.

В связи с появлением и развитием высокоточных навигационных и посадочных средств и необходимостью их внедрения влетную эксплуатацию с 2003 г. по предложению президента РОИН ряд семинаров стал проводиться совместно с заседаниями Секции воздушного транспорта РОИН. Это в особенности относится к случаям рассмотрения проблем высокоточной спутниковой аэронавигации и посадки.

Бесспорным руководителем семинара является известный ученый, педагог и инженер, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик

Академии транспорта России, Международной академии информатизации и Международной академии человека в авиакосмических системах, вице-президент Российского общественного института навигации по воздушному транспорту, профессор, доктор технических наук Белгородский Семен Львович.

Организационная структура и деятельность семинара выдержали проверку временем. Все 35 лет без единого срыва семинары проводились первые 3 года — ежемесячно, а с середины 1975 г. — в последний вторник нечетного месяца (за исключением июля). В этом большая заслуга бывшего заместителя руководителя семинара, талантливого ученого и организатора А. А. Музалева и нынешнего заместителя руководителя семинара А. Л. Ройзензона — ученика и преемника на должности начальника отдела. Первого секретаря И. Р. Резникову сменила Г. Н. Кувыркова. Им помогает С. А. Музалев.

Большую помощь в организации и материально-техническом обеспечении семинара оказывает Институт и службы, возглавляемые главным инженером В. С. Богдановым, Э. А. Айдиновым и О. А. Логвиным.

За время работы семинара проведено около 200 заседаний, на которых более чем с 500 докладами выступили представители более 60 организаций. На юбилейном заседании присутствовали более 120 специалистов из 35 организаций, в своем большинстве представляющих элиту гражданской авиации и авиационной промышленности. Его тематика актуальна, уровни докладов и обсуждений достаточно высоки, он востребован и в новых рыночных условиях.

Семинар позволяет его участникам получать сведения о состоянии безопасности полетов в гражданской авиации, о деятельности ИКАО, о проблемах и планах развития гражданской авиации, о результатах работ по испытаниям новых изделий и другую ценную информацию. Здесь можно обменяться опытом эксплуатации ВС и узнать требования, замечания и предложения эксплуатантов. И, что очень важно, свободно обсудить с коллегами актуальные проблемы совершенствования летной эксплуатации воздушных судов и их оборудования, аэронавигационного обеспечения полетов, УВД.

Как показал положительный опыт взаимодействия семинара с Секцией воздушного транспорта (СВТ) РОИН, по некоторым вопросам целесообразно обращение в федеральные исполнительные органы власти с конкретными предложениями и рекомендациями. Одной из форм таких обращений явились открытые письма, подписанные видными учеными и специалистами, руководителями общественных организаций.

Многие проблемы, обсуждаемые на семинаре, рассматриваются совместно с СВТ РОИН и другими общественными организациями.

В ходе работы юбилейного заседания заслушано и обсуждено 6 докладов.

С первым ведущим докладом «Концепция создания и развития аэронавигационной системы России» выступил директор ГосНИИ «Аэронавигация», профессор, доктор технических наук В. В. Соломенцев. В докладе рассмотрены актуальные вопросы становления и совершенствования аэронавигационной системы России, а также мероприятия, направленные на повышение эффективности и безопасности воздушного транспорта и проводимые в рамках создания Федеральной аэронавигационной службы.

Сообщив о работах ГосНИИ «Аэронавигация» в этом направлении, докладчик особо выделил разработку концепции (послужившей названием доклада), осуществленную совместно с другими организациями Росаэронавигации.

Одновременно с концепцией разработан план ее реализации. Он предполагает скорейшее внедрение новых технологий на базе использования GNSS, процедур зональной навигации (RNAV), автоматического зависимого наблюдения, сокращенных норм эшелонирования (RVSM) и других. В плане увязаны вопросы развития бортового и наземного аэронавигационного оборудования.

Реализация концепции позволит:

- обеспечить эффективное использование воздушного пространства Российской Федерации;
- устранить ведомственную разобщенность развития компонентов аэронавигационной системы России: военных и гражданских органов ОрВД, систем связи и радиотехнического обеспечения полетов, служб метеобеспечения, аэронавигационной информации, систем авиационно-космического поиска и спасания;
- обеспечить в реальном масштабе времени представление пользователям аэронавигационной и метеорологической информации;
- интегрироваться в мировую аэронавигационную систему.

В докладе заместителя генерального директора ОАО «Аэрофлот» С. Г. Тульского «Новая концепция подготовки высокопрофессиональных пилотов» освещены актуальные проблемы, связанные с подготовкой пилотов в нынешних условиях, и пути их решения в рамках ОАО «Аэрофлот».

Реализация изложенной в докладе концепции позволит создать при ЦПАП ОАО «Аэрофлот» собственную школу первоначальной подготовки пилотов, соответствующую международным требованиям и стандартам (налет не менее 150 часов; допуск к полетам по приборам; допуск к полетам на многодвигательном ВС с многочленным экипажем; наличие самостоятельного налета; ночные полеты; маршрутные полеты).

Предполагается, что эта школа обеспечит подготовку необходимого для ОАО «Аэрофлот» числа пилотов.

Следующий доклад «Проблемы аэронавигационного обеспечения полетов в воздушном пространстве России» ОАО «Аэрофлот» сделал главный штурман

этой компании В. Н. Нартов. В докладе рассмотрены основные проблемы аэронавигационного обеспечения полетов самолетов отечественного и зарубежного производства, эксплуатируемых ОАО «Аэрофлот». Особое внимание обращено на вопросы подготовки полета и взаимодействие со службой аэронавигационной информации. Отмечается отсутствие многих необходимых данных для осуществления полетов современных ВС по внутренним авиалиниям, неполнота АИП, устаревшую методику определения минимумов для взлета и посадки, консерватизм в переходе на использование QNH.

В докладе были представлены предложения ОАО «Аэрофлот» по совершенствованию государственной политики в области гражданской авиации.

Вопросам «Анализа безопасности полетов тяжелых транспортных самолетов» был посвящен доклад В. Д. Кофмана (МАК). В докладе приведены статистические данные по летным происшествиям с начала 2000 г. и за 2006 г. Сделан анализ системных факторов, ведущих к происшествиям, и предложены мероприятия по их учету в интересах повышения безопасности полетов.

Конкретно в качестве основных недостатков, влияющих на безопасность полетов, указаны: стареющий парк ВС, неудовлетворительная подготовка авиаперсонала, использование контрафактной продукции, устаревшая документация, неудовлетворительное состояние ВПП, высокая цена авиатоплива, неудовлетворительное аэронавигационное и метеорологическое обеспечение полетов.

В докладе отмечена настоятельная необходимость изучения и использования «Руководства по управлению безопасностью полетов» (Doc.9859 AN/460 ICAO 2006).

С докладом АК им. С. В. Ильюшина «Концепция обеспечения безопасности полетов пассажирских самолетов» (авторы М. С. Неймарк и Л. Г. Цесарский)

выступил М. С. Неймарк. Авторы предложили методологию обеспечения безопасности полетов пассажирских самолетов в рамках авиационной транспортной системы с учетом возможных ошибок и отказов пилота-оператора.

При этом главной задачей является создание системы «человек (экипаж) — машина (самолет)» такой конструкции, чтобы единичные отказы или ошибки не приводили к аварийной или катастрофической ситуации. Подобным образом должны решаться задачи обеспечения безопасности полетов с обслуживающим и техническим персоналом, диспетчерами служб УВД и других служб авиационно-транспортной системы, где определяющим является деятельность человека (оператора).

Вопросы «Оценки риска авиационного происшествия при принятии решения на полет на сложный аэродром» рассмотрены в докладе Ю. А. Малевинского из группы компаний «Волга-Днепр», которая известна уникальным опытом эксплуатации транспортных самолетов типа Ил-76 и Ан-124. В докладе освещена методика использования экспертных оценок, проводимых группой ответственных лиц, которые связаны с принятием решений по осуществлению перевозок специального назначения. В ней предложена классификация рисков: обычный риск, допустимый риск без принятия дополнительных мер, допустимый риск при условии принятия дополнительных мер, недопустимый риск. Указаны также правила и технология принятия решения по полетам на аэродромы повышенного риска.

Все доклады были заслушаны с большим интересом и было задано много вопросов. Юбилейный семинар завершился обсуждением ряда актуальных проблем аэронавигации и летной эксплуатации воздушных судов.



# ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ ИФРНС «ЛОРАН-С» И «ЧАЙКА» В АКВАТОРИИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ И НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

*А. В. Балов, И. Б. Бедрин, А. Г. Геворкян, И. К. Конаржевский, В. М. Царев*

*В связи с проводимыми в последние годы работами в области создания смешанных цепей станций ИФРНС «Лоран-С»/«Чайка» и рассмотрением их как систем функциональных дополнений глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS (ГНСС) при передаче с их помощью дифференциальных поправок дается обзор экспериментальных исследований характеристик сигналов станций ИФРНС, доступных в Балтийском регионе, с использованием переносного комплекса аппаратуры мониторинга. Исследования охватывают период с 1996 по 2005 год включительно. Приведены величины напряженности поля сигналов станций Зильт (Sylt), Германия, Лессей (Lessay), Франция, Верландет (Vaerlandet), Норвегия, Слоним (Беларусь), Брянск, Петрозаводск, отношения сигнал/шум, уровни и частоты узкополосных помех, зафиксированные в районе городов Слоним, Санкт-Петербург, на морской трассе Травемюнде (Travemünde), Германия – Санкт-Петербург и других. Приведены также ранее не публиковавшиеся данные, характеризующие возможность дистанционного мониторинга формы огибающей и фазы сигналов, излучаемых станциями ИФРНС «Чайка», с помощью переносного комплекса аппаратуры различного состава.*

## REVIEW OF INVESTIGATION RESULTS OF CHAYKA AND LORAN-C SIGNAL TRIALS IN THE BALTIC SEA AND ADJACENT REGIONS

*A. Balov, I. Bedrin, A. Gevorkian, I. Konarzhevsky, V. Tsarev*

*In compliance with the present trend to establish joint chains of the Chayka/Loran-C pulse-phase radionavigation systems and considerations of GLONASS/GPS (GNSS) augmentations the paper presents a review of investigation results of signal parameters from pulse-phase radionavigation stations available in the Baltic Sea regions using a portable monitoring unit. The investigation period is 1996–2005 inclusive. Field intensity values are given for the stations in Sylt, Lessay, Vaerlndet, Slonim, Bryansk, Petrozavodsk, SNR, narrow-band interference levels and frequencies near Slonim, St-Petersburg, and along the marine route Travemünde (Germany) – St-Petersburg and on other paths. Data are also given not published before that characterize possible remote monitoring of Chayka signal ECD and phases using a portable set of equipment of different composition.*

### Введение

В период с марта по август 1996 года сотрудниками дочернего предприятия Российского института радионавигации и времени (РИРВ) АОЗТ «Градиент» [1], НТЦ «Интернавигация» и Федерального управления водных путей и судоходства Германии (Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Wasser- und Schifffahrtsamt Töning) [2, 3] были проведены комплексные исследования характеристик сигналов станций Североевропейской системы «Лоран-С» (НЕЛС) и Европейской цепи станций системы «Чайка» (Российская Федерация). Исследования проводились синхронно на различных трассах в акватории Балтийского моря (в основном на трассе Travemünde – Санкт-Петербург) с помощью контрольных пунктов, оборудованных на судах, принадлежавших морскому пароходству Германии, и временных контрольных пунктов, размещенных в районе станции ИФРНС «Чайка», г. Слоним (Белоруссия), и на территории РИРВ (Санкт-Петербург). Исследования проводились

с целью оценки возможности создания Российско–Германской цепи станций ИФРНС «Лоран-С»/«Чайка» (включая станции НЕЛС). В последующие годы были продолжены работы с использованием переносимого комплекса аппаратуры мониторинга систем «Лоран-С»/«Чайка» [1, 4, 5] и комплексированного приемоиндикатора «Интеграция» сигналов «Лоран-С»/«Чайка»/ГЛОНАСС/GPS/радиомаяков средневолнового диапазона [6].

### 1. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

В качестве измерительных средств на начальном этапе в акватории Балтийского моря использовались датчики радионавигационных параметров (РНП) Accufix-500, Accufix-520 производства американской фирмы Megapulse, а также переносной комплекс аппаратуры мониторинга сигналов «Geometrix GM-1250», «Geometrix Loran C/GPS» производства норвежской фирмы Geometrix As. В этот же период на наземном контрольном пункте (КП) в Санкт-Петербурге использовался автомобильный датчик РНП АДМ-1

разработки АОЗТ «Градиент». В 2004–2005 годах на наземных трассах использовался GM-1250 и опытный образец приемоиндикатора «Интеграция» разработки РИРВ, обеспечивавший комплексный прием и обработку сигналов ИФРНС «Лоран-С»/«Чайка» в режиме «all in view» («все в поле зрения») с декодированием дифференциальных поправок ДГНСС системы EUROFIX, а также ГНСС и морской дифференциальной подсистемы DGPS/ДГЛОНАСС на базе всенаправленных радиомаяков СВ диапазона [6].

Характеристики датчиков РНП и приемоиндикаторов:

- датчик Accufix 500 обеспечивает слежение за сигналами четырех станций, измерение РНП и отношения сигнал/шум с привязкой отсчетов ко времени;
- датчик Accufix 520 в дополнение к возможностям Accufix 500 обеспечивает измерение напряженности поля с погрешностью  $\pm 2$  дБ (при работе с калиброванной антенной с высотой 102 дюйма) и расхождение фазы и огибающей радиоимпульса (ECD) с погрешностью  $\pm 0,5$  мкс при допустимом значении  $ECD \pm 4$  мкс.

Датчик Geometrix обеспечивает измерения следующих параметров ИФРНС:

- PR (ПД), мкс – псевдодальности от местоположения объекта до передающих станций ИФРНС;
- TD (РНП), мкс – разности времени прихода сигналов ведущей и ведомых станций;
- SNR, дБ – отношение сигнал/шум;
- S, дБ/1мкВ/м – уровень сигнала;
- ECD, мкс – расхождение фазы и огибающей радиоимпульса как по сигналам «Лоран-С», так и «Чайки»;
- спектр помех в диапазоне от 0 до 200 кГц.

Программа обработки сигналов, заложенная в GM-1250, позволяет также осуществлять мониторинг амплитудно-частотного спектра излучаемых сигналов, что обсуждалось в предшествующих работах [5].

Экспериментальный образец датчика АДМ-1 обеспечивает прием и регистрацию параметров сигналов произвольных цепей станций. Для индикации данных и управления приемником используется персональный компьютер РС/АТ с оригинальным специализированным программным обеспечением [1]. Датчик обеспечивает измерение TD, SNR и уровня сигналов по станциям. Для подавления синусоидальных помех использовались до 6 внешних режекторных фильтров из комплекта датчика Accufix, разработанных для использования на европейской территории.

Приемоиндикатор «Интеграция» в импульсно-фазовом режиме осуществляет одновременный прием и обработку сигналов до 10 станций произвольных цепей ИФРНС, имеет до пяти программных цифровых режекторных фильтров, принимает и декодирует цифровую информацию с корректиру-

щими поправками для ГНСС, передаваемыми путем модуляции временного положения излучаемых импульсов станций системы EUROFIX, и обеспечивает измерения следующих параметров ИФРНС:

- TD, мкс – псевдодальности прихода сигналов каждой из станций в текущую точку;
- PR, мкс – разности времен прихода сигналов ведомых и ведущей станции;
- B, L – географические координаты фазового центра антенны;
- $\sigma_B, \sigma_L, m$  – оценка погрешностей географических координат;
- SNR, дБ – отношение сигнал/шум;
- S, дБ/1мкВ/м – уровень сигнала;
- $t/2.5$ , мкс – выборки с выхода АЦП с интервалом дискретизации 2,5 мкс для построения амплитудно-фазовых характеристик сигналов и спектра шумов в режиме постобработки на ПК.

Инструментальная погрешность измерения РНП не превышает 10 нс. Инструментальная радиальная погрешность определения географических координат не более 5 м.

## 2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В АКВАТОРИИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Исследования проводились группой немецких специалистов с использованием морских судов «Gleichberg-1» и «Otto Treplin» [2, 3]. На судне «Gleichberg-1», совершавшем рейсы из порта Травемюнде в Санкт-Петербург и обратно, измерения проводились на трассах следования.

На судах использовались датчик РНП Accufix 500/520 и исследовательский приемоиндикатор Geometrix Loran-C/GPS. Во время повторной экспедиции приемники были дополнительно снабжены двумя комплектами режекторных фильтров, настроенных соответственно на частоты, кГц:

- 53.500, 75.200, 78.200, 85.700, 118.900, 129.000;
- 69.000, 112.500, 114.000, 120.000, 124.500, 134.500.

Это позволило обеспечить более устойчивый прием, чем в первой экспедиции.

Уровень усиления сигналов исследовательского приемоиндикатора Geometrix «Лоран-С»/GPS регулируется в диапазоне от 0 до 48 дБ автоматически или оператором вручную. Уровень сигнала оценивается в дБ относительно уровня 1 мкВ/м в антенне при измерении в «стандартной точке» на 30-й мкс от начала радиоимпульса. Среднеквадратическое значение уровня шумов оценивается в течение первых 40 мс периода повторения первой выбранной цепи. При этом сигнал не усредняется и не фильтруется. При наличии сильной помехи в течение 40-миллисекундной выборки оценка уровня шума может быть несколько завышенной. В процессе измерений должны удовлетворяться требования к величине коэффициента качества FOM (Figure Of Merit – отношение с/ш после усреднения и фильтрации).

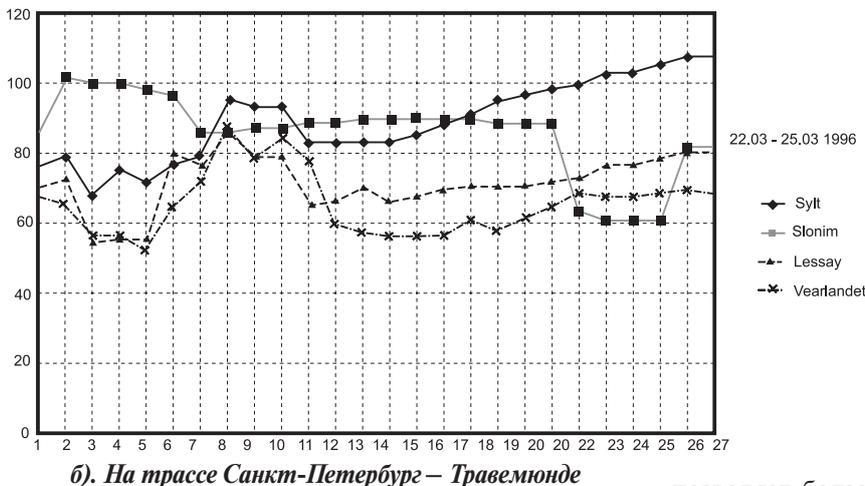
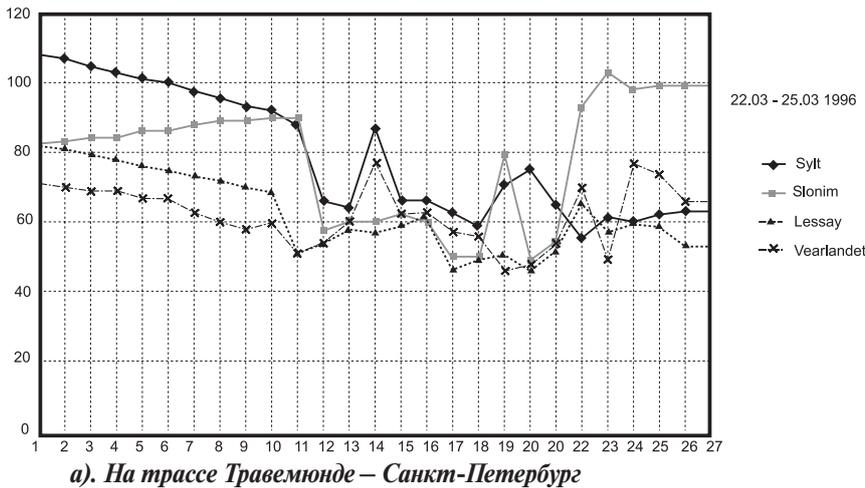


Рис. 1. Напряженность поля сигналов «Лоран-С»/Чайка на трассах

Узкополосная помеха оценивается непосредственно перед началом радиоимпульса. Это сказывается на поведении огибающей и фазы на начальном участке представленных на рисунках 3 и 4 графиков измерений.

Работа с комплексом облегчается благодаря индикации 3-х состояний слежения:

- слежение с приемлемым коэффициентом FOM (с/ш >20 дБ);
- слежение за фазой сигнала осуществляется, но значение ECD не обеспечивает правильное разрешение фазовой неоднозначности;
- «станция не найдена».

В процессе экспериментов приемоиндикаторы Assifix использовались для измерения отношения с/ш, а приемники Geometrix (в комплексе с ПК) – для измерения следующих характеристик:

- уровня сигналов (S), шумов (N) и помехи (I);
- радионавигационных параметров (TD);
- псевдодальностей от контрольного пункта до источника сигнала (PR);
- спектра помех в диапазоне от 0 до 200 кГц;
- расхождения фазы и огибающей (ECD);
- отношение сигнал/шум (SNR), дБ.

На борту корабля через каждые 2 часа производились измерения напряженности поля сигнала и через каждый час – отношения с/ш. Исключение составляли интервалы между двумя начальными точками маршрута, равные 4–6 часам. Результаты измерений представлены в виде графиков и таблиц, в которых промежуточные точки маршрута привязаны с высокой точностью к географическим координатам, определяемым с помощью приемоиндикатора Geometrix «Лоран-С»/GPS.

В качестве примера на рисунках 1а, б представлены графики напряженностей поля сигналов станций Зильт, Слоним, Лессей, Верландет, зафиксированные в марте 1996 года, по которым можно судить как об уровне сигналов, так и о зонах неуверенного приема. График 1б представлен в инверсном виде относительно точки отсчета графика 1а с совмещением промежуточных точек маршрута (ППМ) с погрешностями порядка 15...30 км. Такое представление материала

позволяет более наглядно оценить степень закономерности воздействия помех на результаты измерений. Заметим, что такой закономерности ни по месту, ни по силе воздействия не было выявлено. В разных рейсах зоны подавления сигналов имеют случайный характер как по месту возникновения, так и по размерам.

Из графиков видно, что условия приема сигналов на трассе сильно зависят от места приема и времени проведения измерений. В каждом рейсе наблюдались обширные зоны неустойчивого приема сигналов и неразрешения многозначности фазовых измерений. Так, например, в районе о. Готланд отношение сигнал-шум ухудшается по всем станциям на – 10 дБ.

Уровень помех на трассе составлял в среднем 60...65 дБ/1мкВ/м, а в зонах неуверенного приема 65...75 дБ/1мкВ/м.

Усредненное значение уровня шумов на отдельных отрезках трассы ориентировочно составляло:

- на отрезке Травемюнде – о. Эланд ≈ 90,0...95,0 дБ/1мкВ/м;
- о. Эланд – о. Сааремаа ≈ 80,0 дБ/1мкВ/м;
- о. Сааремаа – о. Готланд ≈ 70,0...75,0 дБ/1мкВ/м;
- в районе Санкт-Петербурга ≈ 80,0...100,0 дБ/1мкВ/м.

Таблица 1

**Напряженность поля сигналов в дБ/1мкВ/м в рейсах Травемюнде—Санкт-Петербург**

СТАНЦИИ ИФРНС	СЛОНИМ	ЗИЛЬТ	ЛЕСЕЙ	ВЕРЛАНДЕТ
Район Travemünde	85,0	109,0	80,0	68,0
Трасса о. Борнхольм – о. Гогланд	92,0...32,5	101,0...75,0	76,0...60,0	66,0...58,0
Угольная гавань Санкт-Петербурга	100,0	72,0	66,0	67,0

Примечание: в зонах неуверенного приема при обработке результатов измерений уровни сигналов определялись методом интерполяции

Таблица 2

**Рейс Киль—Варнемюнде—Заснитц (о. Рюген)**

СТАНЦИИ ИФРНС	БРЯНСК	СЛОНИМ	ЗИЛЬТ	ЛЕССЕЙ	ВЕРЛАНДЕТ
Уровень сигнала (дБ/1мкВ/м)	95,0...102,0	95,0... 105,0	-	-	-
Отношение с/ш (дБ/1мкВ/м)	5,0...-10,0	4,0... 8,0	13,0	0,0... -12,0	- 9,0... -15,0

Примечания: уровень сигнала измерен приемником Geometrix- Logan -C/GPS; отношение с/ш измерено датчиком РНП Accufix – 500

Таблица 3

**Рейс Киль—Фленсбург**

СТАНЦИИ ИФРНС	БРЯНСК	СЛОНИМ	ЗИЛЬТ	ЛЕССЕЙ	ВЕРЛАНДЕТ
Уровень сигнала (дБ/1мкВ/м)	68...72	79...88	111...117	79...83	-
Отношение с/ш (дБ/1мкВ/м)	-4... -20*	-6...-9*	-	-	-

\* – в районе Фленсбурга

В таблице 1 приведены усредненные по четырем рейсам значения напряженности полей сигналов в районах Травемюнде, Санкт-Петербурга и пределы изменения этих величин на отрезке трассы от о. Борнхольм до о. Гогланд (о. Мощный) в Финском заливе.

В таблицах 2, 3 представлены соответственно результаты измерений, проведенных на судне «Otto Treplin» в рейсах Киль—Варнемюнде—Заснитц (о. Рюген) и обратно (с заходом в Висмар) и Киль—Фленсбург (Дания).

**3. ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРИЕМА И ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ СТАНЦИИ SYLT ПРИ ПРИЕМЕ СИГНАЛОВ НА СТАНЦИИ «СЛОНИМ».**

Измерения проводились с использованием переносного приемоизмерительного комплекса на базе приемника Geometrix GM-1250. Для проверки работоспособности комплекса до начала приема сигналов станции Зильт был проведен контрольный прием сигналов, излучаемых станциями Европейской цепи ИФРНС «Чайка».

Прием всех станций был осуществлен с хорошими показателями – отношение SNR ≥ 10,0 дБ, ECD от 2,0 до 2,5 мкс, коэффициент качества FOM – 35,0 дБ.

Сигнал станции Зильт при увеличении времени усреднения отсчетов до 64 GRI и максимального усиления до 48,0 дБ принимался устойчиво и практически непрерывно в течение всего периода эксперимента. Однако погрешность измерений псевдодальности относительно ее расчетного значения составляла от 37,0 до 58,0 мкс (первые 40–42 часа), что свидетельствует о слежении за отраженным от ионосферы сигналом. После анализа помеховой обстановки и настройки режекторных фильтров на частоты по-

мех средняя ошибка псевдодальности не превышала ± 0,38 мкс в течение последних 14 часов работы. Уровень сигнала станции Зильт (дальность до станции Слоним 1135 км) в течение всего периода измерений находился в пределах от 53,0 до 62,0 дБ/1мкВ/м. Уровень шумов не превышал 75,0 дБ/1мкВ/м. Уровень помех составлял 30,0...35,0 дБ/1мкВ/м с подъемом в отдельные промежутки времени до 40,0–45,0 дБ/1мкВ/м. Отношение с/ш изменялось от – 23,0 дБ до – 9,0 дБ на последнем интервале времени.

Результаты измерений показали, что при времени усреднения принятых сигналов, используемом в аппаратуре управления и синхронизации наземных станций ИФРНС «Чайка», возможно обеспечение синхронизации станции Слоним по сигналам станции Зильт без увеличения мощности последней. Однако для обеспечения устойчивой работы аппаратуры потребителей ее мощности было недостаточно. В связи с этим участниками проекта выдвигалось предложение о строительстве дополнительной станции «Лоран-С» на границе между Польшей и Германией на побережье Балтийского моря, которое по ряду причин не получило дальнейшего развития.

**4. ПЕРВЫЙ ОПЫТ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ФОРМЫ СИГНАЛОВ ПЕРЕДАЮЩИХ СТАНЦИЙ ИФРНС**

Традиционно дистанционный мониторинг работы передающих станций ИФРНС осуществляется путем контроля стандартного значения РНП или псевдодальности и поправки дополнительного вторичного фактора ASF, определяемых априори для заданного географического положения КП. Вместе с тем программное обеспечение приемоизмерительного комплекса GM-250 позволяет осу-

ществлять прием и графическое воспроизведение формы огибающей радиоимпульса, его фазовой характеристики практически в реальном времени. Огибающая и фазовая характеристика могут документироваться на интервале от 0 до 200 мкс с фиксацией положения начала радиоимпульса на 50 мкс от начала измерительного интервала и стандартной точки отсчета на расстоянии 30 мкс от начала радиоимпульса. На рисунках 2 представлены графики огибающих и фазы радиоимпульсов станций Брянск и Слоним [1]. График фазовой характеристики смещен на 200 мкс относительно начала координат.

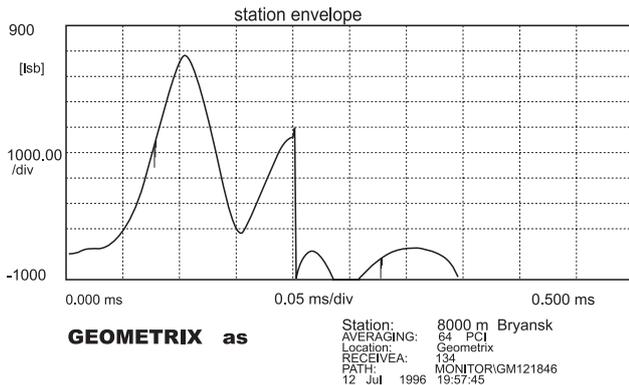


Рис. 2а. Огибающая (на отрезке 50–200 мкс) и фаза (на интервале 250–400 мкс) сигнала станций Брянск

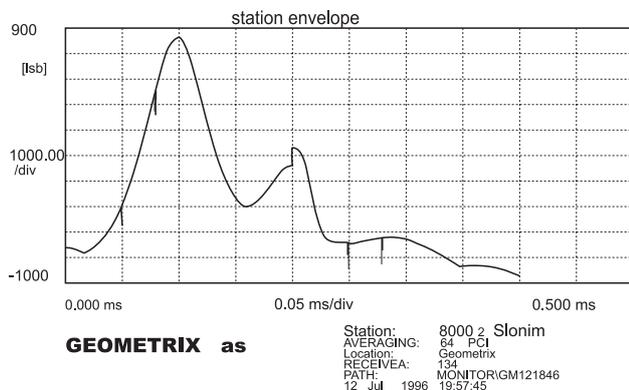


Рис. 2б. Огибающая (на отрезке 50–200 мкс) и фаза (на интервале 250–400 мкс) сигналов станций Слоним, принятых в Санкт-Петербурге

Как видно из графиков рисунка 2, фазовая характеристика сигнала Брянска имеет две экстремальных точки – два перехода фазы через нулевое значение: в начале основного импульса и в начале повторного колебания. Фазовая характеристика сигнала Слонима (а также и сигнала Петрозаводска, не приведенная здесь) не имела экстремальных точек, что свидетельствовало о наличии отраженного сигнала или сигнала перекрестной помехи на теле повторного колебания излученного радиоимпульса.

Для оценки степени приближения огибающей принятого в Санкт-Петербурге импульса станции Брянск к огибающей излученного импульса на гра-

фик огибающей наложен (см. рисунок 3) радиоимпульс, аппроксимирующий форму излучаемого сигнала, включая повторное колебание. Можно заметить, что соотношение амплитуд  $U_p$  повторного и основного  $U_o$  колебаний в принятом сигнале  $U_p/U_o \approx 0,5$  вместо соотношения  $U_{pa}/U_{oa} \approx 0,3$  для аппроксимированных импульсов, излучаемых наземной станцией. Это отличие может быть объяснено неадекватным выбором динамического диапазона АРУ приемника. Кроме того, можно заметить, что при достаточно хорошем совпадении фронтов скат принятого импульса существенно круче ската аппроксимации излученного импульса. Поэтому начало повторного колебания в принятом сигнале на 15–20 мкс опережает начало повторного колебания аппроксимированного сигнала.

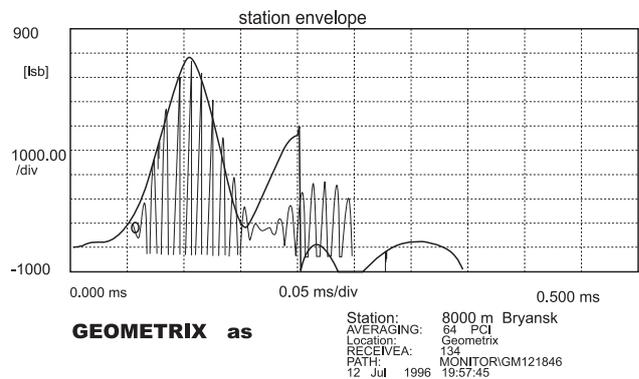


Рис. 3. Совмещенное изображение огибающих излучаемого и принятого сигналов ИФРНС «Чайка»

Полученные в 1996 и 2004 годах результаты с использованием комплекса аппаратуры Geometrix оказались хорошо коррелированными с результатами полученными на КП РИРВ с помощью приемоиндикатора «Интеграция» [6] в конце 2005 года.

Возможность сохранения выборок с выхода АЦП с периодом дискретизации 2,5 мкс позволяет восстановить в режиме постобработки огибающие и фазовые характеристики на всем периоде повторения ИФРНС на интервале от 0 до 100000 мкс с фиксацией положения от начала измерительного интервала и стандартной точки отсчета на расстоянии 30 мкс от начала радиоимпульса каждой станции.

Оценка абсолютных и среднеквадратических погрешностей измерения радионавигационных параметров и координат места при работе по реальным сигналам Европейской цепи ИФРНС «Чайка» проводилась на территории РИРВ с установкой антенны ГНСС приемоиндикатора «Интеграция» на геодезически привязанной точке КП на крыше, а антенны канала ИФРНС – в 60 см от нее. Аппаратура ГНСС работала с использованием дифференциальных поправок, передававшихся Шепелевским морским радиомаяком средневолнового диапазона, находившимся на удалении 80 км.

При работе по ГНСС ГЛОНАСС/GPS в дифференциальном режиме среднеквадратическая погреш-

ность определения места составила 1,5 м. Абсолютное смещение координат, полученных по сигналам ИФРНС, относительно ГНСС составило 392 м. Суммарная среднеквадратическая погрешность канала ИФРНС, рассчитанная как  $\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{f_i}^2 + \sigma_l^2}$  относительно среднего значения (с исключенной систематической погрешностью), составила 16 м.

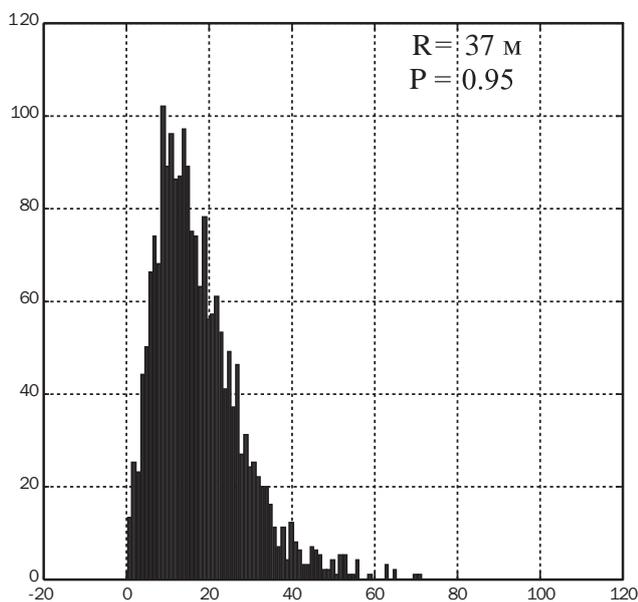
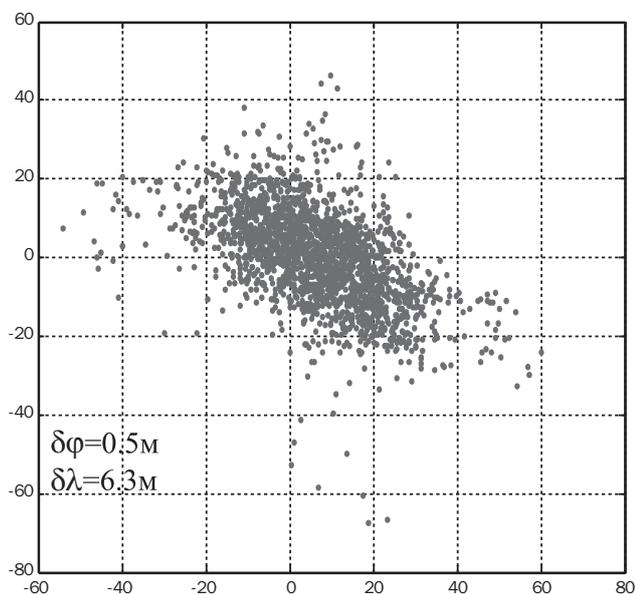


Рис. 4. Диаграммы распределения ошибок местоположения по ИФРНС с использованием поправок к квазидальностям (дневное время)

На рисунке 4 приведена диаграмма и гистограмма распределения ошибок местоположения по ИФРНС с использованием поправок к квазидальностям, оцененным по измерениям ДГНСС. Ошибка составила 37 метров с вероятностью 0,95 в условиях дневного приема сигналов Европейской цепи ИФРНС «Чайка». В вечернее время, после выключения оборудования

в лабораториях и на серийном производстве РИРВ ошибка уменьшалась приблизительно в 1,5 раза и составляла 24 м.

Различия в точности местоопределения в дневное и вечернее время обусловлено изменением промышленных помех на территории КП РИРВ в течение суток.

Типичная для дневного времени реализация спек-

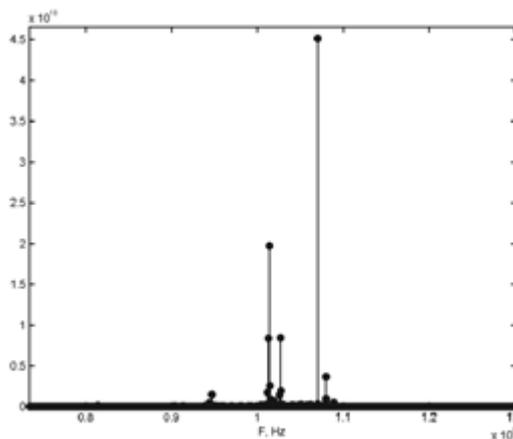


Рис. 5. Типичная для дневного времени реализация на выходе АЦП спектра синусоидальных помех

тра синусоидальных помех приведена на рисунке 5.

На рисунках 6, 7 представлены восстановленные сигналы на выходе АЦП после цифровой фильтрации выборок ведущей станции (ВЩ) – Брянск, первой ведомой (ВМ 1) – Петрозаводск и третьей ведомой (ВМ 3) станции – Симферополь Европейской цепи, а также ВЩ – Инта северо-западной цепи ИФРНС «Чайка», принимаемых на КП РИРВ приемоиндикатором «Интеграция».

Также, как и на выходе приемника GM-1250, здесь можно видеть, что спад огибающих радиоимпульсов имеет более крутую форму, чем фронт. На сигнале ведущей станции 80000 ВЩ (Брянск) виден задержанный сигнал, совпадающий со вторым повторным колебанием. На сигналах 49700 ВЩ (Инта) и 8000 ВМ 1 видны ионосферные сигналы с задержкой (35–40) мкс. На сигнале 80000 ВМ 3 (Симферополь) также виден дополнительный сигнал, по форме более напоминающий сигнал системы Logan-C. Характерно, что сигналы удаленных станций 49700 ВЩ и 80000 ВМ 3 имеют предвестники сигналов достаточно высокого уровня, что определяется большим коэффициентом усиления сигналов дальних станций и наличием помех. Этот эффект виден и на графиках рисунков 2а и 2б. Как и в эксперименте, описанном в [5], на сигнале ВМ1 (Петрозаводск) присутствует задержанный сигнал, величина задержки которого для расстояния между Санкт-Петербургом и Петрозаводском аномально мала. Природу этого явления предстоит определить на последующем этапе экспериментов.

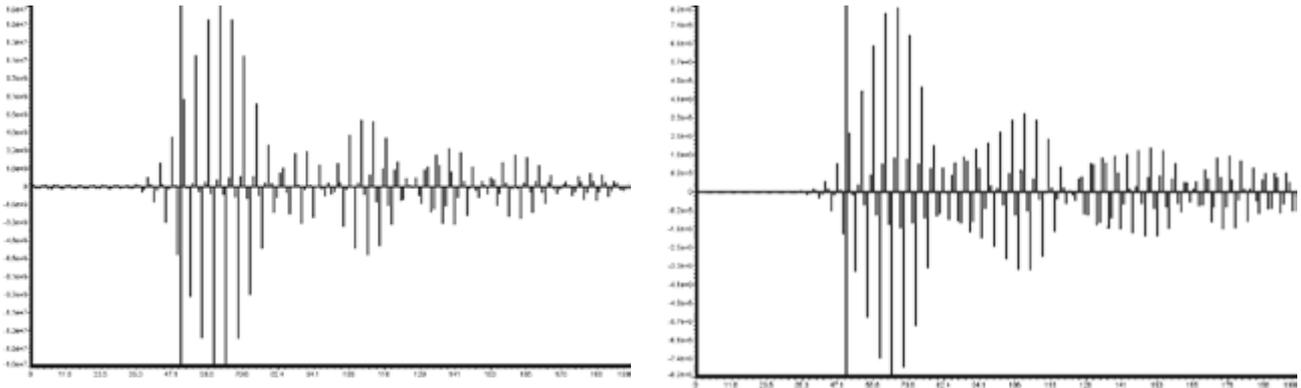


Рис. 6. Вид сигналов станций Брянск и Петрозаводск после цифровой фильтрации и статистической обработки

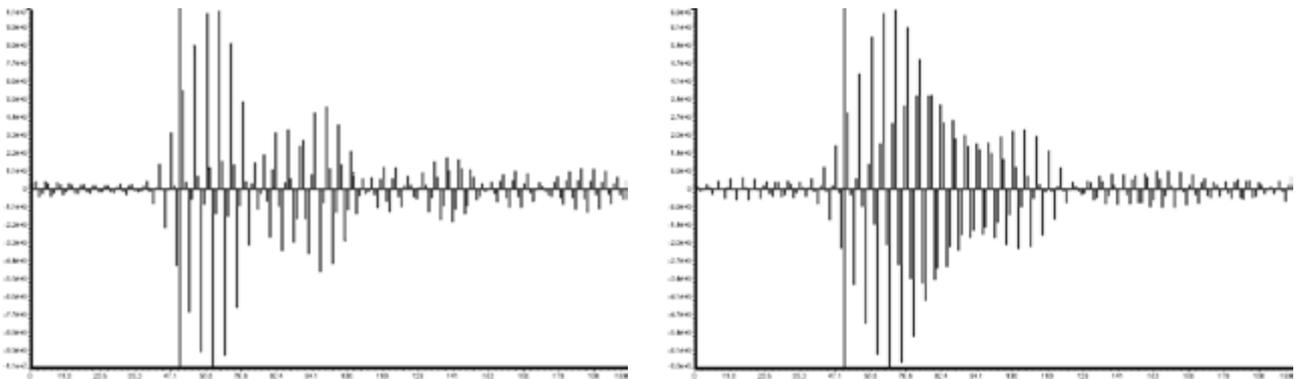


Рис. 7. Амплитудно-временной спектр сигналов станций Инта северной цепи ИФРНС «Чайка» и станции Симферополь Европейской цепи, восстановленный после цифровой фильтрации и обработки

### Выводы

В результате проведенных экспериментальных исследований получены обширные данные о параметрах принимаемых сигналов передающих станций ИФРНС «Чайка» и НЕЛС в акватории Балтийского моря и прилегающих территориях.

Все измерения с высокой точностью привязаны к географическим координатам и могут быть использованы на дальнейших этапах работ.

Экспериментально подтверждено, что форма сигналов, принятых на удалении нескольких сотен километров от их источника, с достаточной степенью достоверности воспроизводит фронт и фазовую характеристику излученного сигнала и позволяет осуществить дистанционный мониторинг исследуемых параметров сигнала.

Представленные материалы подтверждают возможность реализации современного перенос-

ного комплекса мониторинга сигналов ИФРНС «Лоран-С»/«Чайка» на базе комплекса аппаратуры, подобного по структуре датчикам GM-1250 или приемоиндикатору «Интеграция», которые используют современные методы цифровой обработки сигналов.

### Признательность

Авторы выражают признательность господам К.Форсту (С.Forst) и Э.Хуссу (E.Huss), сотрудникам управления судоходства (Wasser- und Schifffahrtsdirection Nord) Германии, любезно предоставившим в свое время материалы исследований на морских судах «Gleichberg-1» и «Otto Treplin», а также главному специалисту ОАО «РИРВ» Л.А. Абрамову, предоставившему результаты аппроксимации формы радиоимпульса, излучаемого передающими станциями ИФРНС «Чайка».

### Литература

1. Абрамов Л.А., Балов А.В., Бедрин И.Б. и др. Отчет о работе контрольного пункта АОЗТ «Градиент» в период с 12.07.96 по 21.07.96. Сентябрь, 1996. Санкт-Петербург.
2. Measurement Loran – C and Chayka Signal in the Baltic Sea. Voyage: Travemünde – St- Peterburg and return. Wasser – und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Wasser – und Schifffahrtsamt Tünning. 3-241.3/12 Ostsee.22–29. März 1996.
3. Loran – C Signal Messfahrten mit der MS Gleichberg. Travemünde – St- Peterburg Wasser – und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Wasser – und Schifffahrtsamt Tünning. 22.03-12.07. 1996.

4. Балов А.В., Волченков В.П. Экспериментальные исследования в целях создания Черноморско-Средиземноморской цепи станций РНС «Чайка» – Лоран-С. Радионавигация и время, № 1,2 (8), 1997. Санкт-Петербург.
5. Царев В.М., Волченков В.П., Синявский О.Ю, Балов А.В., Геворкян А.Г. Оценка возможности использования измерительного комплекса Geometrix GM1250 для мониторинга сигнала ИФРНС «Чайка». Новости навигации, № 2, 2005.
6. Zholnerov V.S. Integrated Navigation Equipment Operating from Signals of GLONASS/GPS/Loran-C/Chayka/MW Radio Beacons. CS 147 (Материалы 14 сессии FERNS-2005).



# СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

*Н. П. Марьин\**

*Дан анализ состояния бортовых систем предупреждения столкновений и обсуждены направления их дальнейшего развития. Предложены алгоритмы построения оптимальных траекторий разведения конфликтных ситуаций летательных аппаратов в зоне схождения или пересечения трасс при соблюдении заданного уровня безопасности воздушного движения.*

## STATUS AND DEVELOPMENT TREND OF COLLISION AVOIDANCE SYSTEMS FOR FLIGHT VEHICLES IN AN AIRSPACE

*N. P. Marjin*

*The analysis of the status of onboard collisions avoidance systems is given and directions of their further development are discussed. Optimum trajectory construction algorithms are offered to diverge conflicting aircraft in a convergence or interception zone of flight routes with observance of the set air traffic safety level.*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Внедряемые в эксплуатацию спутниковые технологии привели к изменениям и во взглядах на организацию (ОРВД) и управление воздушным движением (УВД). Так, глобальная концепция CNS/ATM, принятая в рамках ИКАО, предполагает главным направлением повышения безопасности воздушного движения использование спутниковых технологий в традиционных системах (подсистемах) связи, навигации и наблюдения. Происходит модернизация систем посадки и предупреждения столкновений.

Необходимость дальнейшего совершенствования существующей системы предупреждения столкновений (СПС) вызвана:

- возрастающими потребностями в использовании воздушного пространства, с которыми существующая система не в состоянии справиться;
- необходимостью согласования практики обслуживания воздушного движения с появлением большого числа частных малоразмерных летательных аппаратов (ЛА) или воздушных судов (ВС), практически не контролируемых органами УВД.

Использование в системе УВД высокоточной спутниковой навигационной информации, а также применение систем предупреждения столкновений должно обеспечить требуемый уровень безопасности полетов при увеличении интенсивности воздушного движения и уменьшении интервалов вертикального и горизонтального эшелонирования, а в перспективе реализовать концепцию «свободного полета» («Free flight»).

### 2. НАЗНАЧЕНИЕ И СТРУКТУРА СПС

СПС предназначена для разведения конфликтных ситуаций в воздушном пространстве и представляет собой совокупность бортовых радиоэлектронных средств и элементов самолетного оборудования, включающая измерители относительного положения самолетов, штатные измерители параметров полета, устройства обработки, отображения и индикации данных и команд.

Объединение систем предупреждения столкновений с системами контроля местоположения (СКМ) может обеспечивать и решение задач вождения самолетов в группе. В качестве примера можно указать на бортовые СПС (БСПС типа TCAS). Основными задачами СПС являются:

- обнаружение в окружающем воздушном пространстве всех потенциально опасных с точки зрения столкновений самолетов;
- определение относительного положения угрожающего самолета по дальности, высоте и, возможно, азимуту;
- обработка и преобразование результатов измерений для отображения воздушной обстановки экипажу самолета в удобной для восприятия форме;
- оценка времени до момента возможного столкновения;
- определение целесообразных маневров уклонения от столкновения, а также моментов их начала и окончания;
- индикация экипажу самолета данных о воздушной обстановке и команд на выполнение маневров уклонения;

\* **Марьин Николай Петрович**, 1922 г.р., окончил ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского (1952 г.), доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник 24 НЭИУ МО РФ, автор более 150 научных работ в области систем и средств автоматизации УВД, радиолокации, радионавигации и посадки.

- доведение до экипажа конфликтного самолета информации о намечаемых действиях и взаимная координация маневров уклонения.

В зависимости от объема выполняемых функций бортовые устройства предотвращения столкновений типа TCAS делятся на три основные группы:

- первая группа (TCAS I) обеспечивает только предупреждение о сближении ВС в воздухе, помогая пилоту визуально обнаружить конфликтующее ВС. Она предназначена для малых пассажирских самолетов и авиации общего назначения;
- вторая группа (TCAS II) выдает пилоту информацию об окружающем воздушном движении и рекомендации по избеганию столкновений за счет маневра в вертикальной плоскости. Она предназначена для установки на авиалайнерах (BC);
- третья группа (TCAS III), которая в настоящее время находится в стадии разработки, будет обеспечивать пилота информацией об окружающем воздушном движении и рекомендациями маневров по предупреждению столкновений как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях.

Концепция TCAS основана на использовании радиолокационных ответчиков, традиционно устанавливаемых на ВС для целей управления воздушным движением при помощи наземных ВРЛ УВД и целей опознавания государственной принадлежности ВС [1–4], дальномеров с ответчиками, бортовых РЛС и других средств. Роль источников информации о высоте полета и векторе скорости выполняют штатные бортовые средства (барометрические высотомеры, системы воздушных сигналов, инерциальные навигационные системы, доплеровские измерители скорости и сноса). В последнее время в связи с внедрением спутниковой технологии происходит модернизация устаревших СПС. Предлагаются системы автоматического разведения конфликтных ситуаций по оптимальным траекториям с использованием спутниковых систем связи, навигации и систем зависящего наблюдения. Обработка данных производится или в специализированном вычислительном устройстве, входящем в состав СПС, или в бортовой ЦВМ.

Для отображения измеряемых параметров и результатов их обработки в состав СПС включаются более совершенные индикаторы, чем электронно-лучевые, цифровые указатели дальности и других параметров полета. Отображение общей воздушной обстановки, получаемой от источников СПС, может производиться на дисплеях вычислительных устройств.

Логика СПС, используемая в TCAS [3], использует понятие уровня чувствительности (SL – Sensitivity Level) защищаемого объема, которое требует поддержания разумного соотношения между необходимой защитой от столкновений и нежелательными рекомендациями по маневрам уклонений (ложным тревогам). Это соотношение достигается путем

управления уровнем чувствительности (SL) приемопередающих устройств. Чем больше уровень чувствительности, тем больше размеры защищаемого воздушного пространства вокруг ВС, оснащенного TCAS, и более высок уровень защиты от столкновений; однако при этом увеличивается и уровень ложных тревог. Размер защищаемого воздушного пространства в свою очередь управляет  $\tau$  – критерием, т.е. временем до подхода к точке пересечения маршрутов (CPA), выраженному в секундах и равному отношению дальности до CPA к скорости сближения. Имеется два исходных режима, которые используются в TCAS для установки (выбора) текущего значения SL; их установка производится по команде наземной станции УВД или пилотом.

Установка SL TCAS наземными станциями УВД в воздушном пространстве США в настоящее время не используется, хотя возможность ее заложена в логику СПС, за исключением установки SL-1 («Неподвижный»). С другой стороны, пилот может выбрать три режима работы, которые влияют соответственно на SL через логику управления. Этими режимами являются: «Неподвижный» (Standby), «Только ТА» (TA-Only) – только информация об окружающем воздушном пространстве (зоне наблюдения конфликтующих ЛА), и «Автоматический» (Automatic).

Когда установлен режим «Неподвижный», аппаратура TCAS не выдает запросных сигналов. Обычно этот режим используется, когда ВС находится на земле в режиме «Только ТА». Аппаратура выполняет все функции по обзору и выработке рекомендаций ТА, но не вырабатывает RA (рекомендация по разрешению угрозы столкновения в зоне тревоги или зоне выполнения рекомендаций о маневре). Этот режим обычно используется пилотом для исключения нежелательных раздражителей при полете на малых высотах в районе аэропорта.

Когда пилот выбирает режим «Автоматический», аппаратура TCAS выбирает SL, базируясь на текущей высоте собственного ВС. В таблице 1 приведены значения порогов по высоте, на которых аппаратура TCAS автоматически меняет SL и связанные с этим значения  $\tau$  – время ТА, необходимое для полета до точки пересечения трасс, и  $\tau_{пр}$  – время, необходимое для разведения (разрешения) конфликта.

SL-2 устанавливается автоматически, когда оснащенное TCAS ВС находится на высоте 0–150 м над поверхностью земли (AGL – Above Ground Level), определяемой радиовысотометром. На SL-2 выдаются только сигналы ТА (Traffic Advisory). В режимах SL-4 – SL-7 выдаются команды ТА и RA (Resolution Advisory). В SL-4 используется информация от радиовысотомера, а в режимах SL-5 – SL-7 используются данные о высоте над средним уровнем моря (MSL – Mean Sea Level) барометрического высотомера. В настоящее время режим SL-3 не может быть установлен автоматически, он зарезервирован для воз-

Таблица 1

Высота, м	Уровень чувствительности (SL)	Значение $\tau, \tau_{пр}, C$	
		TA ( $\tau$ )	RA( $\tau_{пр}$ )
0–152 (AGL)	2	20	Нет
152–762 (AGL)	4	35	20
762–3048 (MSL)	5	40	25
3048–6096 (MSL)	6	45	30
Выше 6096 (MSL)	7	48	35

возможного использования в дальнейшем в районах, где потребуется большее снижение чувствительности.

### 3. АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПС

Разработка способов и средств обеспечения вождения летательных аппаратов в реальном времени при конфликтах составляет предмет исследования теории СПС. Основными целями этой теории являются обоснование способов определения взаимного положения самолетов, методов расчета и выполнения экипажами ЛА различных маневров, обеспечивающих разведение конфликта. При этом основное внимание уделяется кинематической стороне маневров. Самолет рассматривается как кинематическая точка, движущаяся в пространстве; однако при этом учитываются ограничения по его скорости и ускорению. Основные задачи алгоритмического обеспечения СПС можно разделить на три группы:

- задачи определения относительного положения ЛА в конфликтной ситуации. По своему содержанию они представляют те или иные частные случаи статистического оценивания состояния динамической системы;
- задачи обнаружения случайных событий (маневра ЛА, наличия угрозы столкновения и т.д.); они относятся к теории статистических решений;
- задачи управления (выполнение маневров уклонения, выдерживания заданного места и т.д.) из теории автоматического управления.

Ниже рассмотрены постановка и отмечены особенности отдельных задач обработки данных и управления в СПС, а также методы оптимального развода конфликтов.

#### 3.1. Оценка относительного движения самолета

Пусть положение ЛА1 и ЛА2, выполняющих совместный полет и имеющих векторы абсолютных скоростей  $V_1, V_2$ , характеризуется в нормальной земной системе координат радиусами-векторами  $r_1, r_2$ . Относительное положение ЛА2 определяется радиусом-вектором  $\rho = r_2 - r_1$ . Пусть на самолете ЛА1 измеряется вектор  $\rho$ . Измерение  $\rho$  производится со случайными ошибками, которые определяют выбор защищенной зоны вокруг ЛА. Вектор  $V_1$  предполагается известным. Вектор  $V_2$  является неизвестной функцией времени. Требуется найти оценку вектора  $\rho$ , т.е. определить положение самолета ЛА2 относительно самолета ЛА1.

В общем случае вектор относительной скорости точки ЛА2 описывается уравнением

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} = V_2 - V_1 - \omega_1 \times \rho \tag{1}$$

где  $\omega_1$  — вектор угловой скорости подвижной системы координат, связанной с ЛА1. Из (1) видно, что для определения  $\rho$  необходимо знать векторы  $V_2, V_1, \omega_1$ , входящие в правую часть (1). Основная проблема заключается в получении информации о векторе  $V_2(t)$  на самолете ЛА1, где решается задача разведения конфликта.

Другим вариантом рассматриваемой задачи является случай, когда измеряется с ошибками вектор  $\rho$  и задано ускорение ЛА1. В этом случае относительное ускорение ЛА2 описывается векторным уравнением

$$\frac{\partial V_\rho}{\partial t} = \frac{\partial V_2}{\partial t} - \frac{\partial V_1}{\partial t} - 2\omega_1 \times V_\rho - \frac{d\omega_1}{dt} \times \rho - \omega_1 \times (\omega_1 \times \rho). \tag{2}$$

Для нахождения оценки вектора  $\rho$  здесь необходимо знать абсолютное ускорение ЛА2, а также угловое ускорение  $\frac{d\omega_1}{dt}$ .

Оценивание параметров движения другого самолета (самолета ЛА2) в системе координат своего самолета (т.е. самолета ЛА1 с СПС) является типичной для СПС.

Если оценивается движение ЛА1 относительно ЛА2 на самолете ЛА2, то этот процесс описывается тем же самым уравнением (1) или (2) с соответствующей заменой индексов.

#### 3.2. Определение параметров максимального сближения

Пусть движение ЛА1 и ЛА2 задано векторами скоростей  $V_1, V_2$  (рис. 1). Основным параметром, характеризующим опасность столкновения самолетов, является максимальное сближение (расстояние расхождения, «промах»)

$$\chi = \frac{V_{12} \times \rho}{V_{12}}, \tag{3}$$

где  $V_{12} = V_1 - V_2$  — вектор относительной скорости.

Время достижения максимального сближения определяется формулой

$$t_m = \frac{1}{V_{12}} \sqrt{\rho^2 - \chi^2} \tag{4}$$

Задача определения  $\chi$  и  $t_m$  решается на маневрирующем самолете. Как следует из (3) и (4), для опреде-

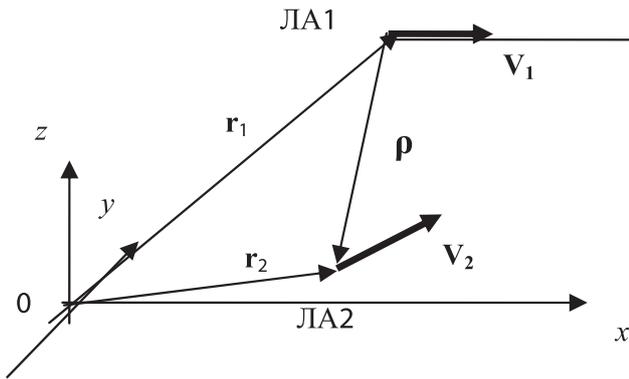


Рис. 1. К оценке относительного движения ЛА

ления  $\chi$  и  $t_m$  необходимо знать векторы  $V_1, V_2, \rho$ . Однако чаще всего известно только с некоторой точностью расстояние  $\rho$  и скорость его изменения  $\dot{\rho}$ . Полагая для этого случая  $\chi \approx 0, V_{12} = -\dot{\rho}$ , из (4) получаем

$$t_m = \tau = -\frac{\rho}{\dot{\rho}}$$

Параметр  $\tau$  характеризует время, оставшееся до максимального сближения самолетов. Ясно, что чем выше будет достигнутая точность определения параметра  $\tau$ , тем меньше будут в СПС вероятность пропуска конфликтной ситуации и вероятность ложных срабатываний системы.

Допустимые погрешности измерения относительного расстояния определяют так же, исходя из заданного уровня безопасности полетов (геометрические размеры зоны безопасности, радиус R).

### 3.3. Управление относительным положением

Управление относительным положением заключается в выдерживании временной или линейной дистанции до конфликтующего самолета, а также относительных снижения и превышения. Основной проблемой при автоматизации управления самолетом является определение вектора скорости и текущих координат конфликтующего самолета в системе координат маневрирующего ЛА. Проблема оценивания эшелонирования существенно облегчается при наличии зависимого автоматизированного наблюдения (АЗН) и межсамолетных линий передачи данных (ЛПД).

С появлением в составе бортового оборудования самолетов спутниковых информационных систем и такого мощного средства обработки данных, как ЭВМ, появилась возможность практической реализации в СПС алгоритмов обработки данных и управления, которые основаны на современных математических методах. Эти алгоритмы обеспечивают использование всей информации, содержащейся в сигналах, которые поступают от источников информации. В результате обеспечивается существенное повышение точности определения параметров относительного движения самолетов, точности расчета управляющих сигналов при выполнении маневров самолетов, а также точности определения параметров, характеризующих безопасность полета.

Математической основой построения алгоритмов обработки данных и управления являются теория оптимального статистического оценивания и теория оптимального управления на основе метода максимума Понтрягина и принципа оптимальности Беллмана [5, 6].

Техническая реализация алгоритмов обработки данных и зависит от предназначения самолета. В составе бортового оборудования самолета, как отмечалось, СПС может представлять или функциональную подсистему пилотажно-навигационного комплекса [3], или самостоятельную систему с собственными источниками информации и вычислительным устройством. Основными средствами, входящими в СПС, являются средства для измерения относительного положения самолетов, источники информации о высоте полета и векторе скорости, вычислительное устройство, средства индикации и управления.

Важную роль в измерениях относительного положения ЛА играет априорная информация как об объекте управления, так и о статистических характеристиках сигналов источников информации. Эта информация вводится в математическую модель контролируемого процесса и моделей сигналов источников информации. Следует отметить, что получающаяся при этом пространственная математическая модель имеет высокий порядок и является нелинейной. Существенным при построении моделей является удачный выбор системы координат и состава компонент вектора состояния объекта управления. При построении моделей источников информации важна корректность описания статистических характеристик случайных ошибок измерений, учет областей и зон действия измерительных устройств и т.д.

Однако при практическом построении оптимальных алгоритмов встречается ряд трудностей. Основными из них являются высокий порядок уравнений оптимальных фильтров, явление расходимости фильтров оценки и другие нестабильности. Поэтому во многих случаях при алгоритмизации обработки данных в ПНК приходится применять более простые так называемые субоптимальные алгоритмы, но имеющие меньшую точность по сравнению с оптимальными. Возможные способы построения таких алгоритмов, которые могут быть полезны для СПС, рассмотрены в [10–18]. При разработке алгоритмов сопровождения самолетов предполагают, что управляющие воздействия, приложенные к объекту, известны достаточно точно. В некоторых случаях такая информация в отношении других самолетов или самолетов, не оборудованных СПС, как правило, отсутствует. В результате приходится разрабатывать специальные методы для обнаружения и учета маневров конфликтующего ЛА.

Отметим, что наиболее сложными является разведение конфликтующих ЛА, маневрирующих по на-

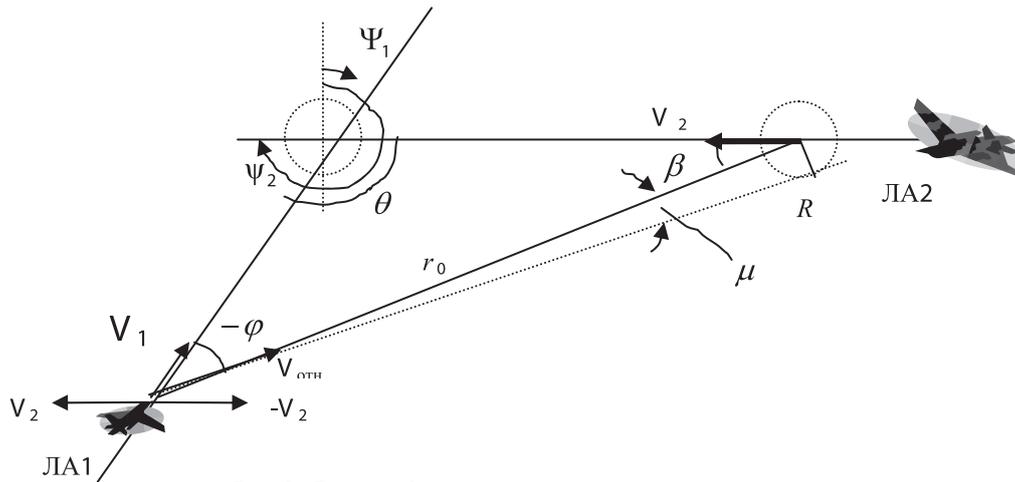


Рис. 2. Схема к формированию оценок

правлению, высоте и скорости полета. В работах [11, 14–16] рассмотрены способы решения таких задач, основанные на аппроксимации пространственно-временной траектории маневрирующего самолета методами теории оптимального сглаживания. В этом случае траектория маневрирующего самолета рассчитывается со сдвигом во времени.

### 3.4. Оценка относительного движения самолетов по измерениям их координат

Пусть ЛА1 – самолет, на котором производится решение задачи о разведении конфликта и определяется относительное положение ЛА2 в виде оценок дальности  $r_0$  и курсового угла  $\varphi$  (рис. 2). Исходной информацией для решения задачи оценки являются измерения вектора скорости  $V_1$  и, возможно, вектора скорости  $V_2$ , дальности и курсового угла, производимые в общем случае со случайными ошибками. Рассматриваются два случая.

#### 1. Вектор $V_2$ известен (передается ЛА2 на самолет ЛА1 с помощью ЛПД)

Исходные уравнения объекта для этого случая имеют вид

$$\begin{aligned} \dot{r}_0 &= V_2 \cos(\theta - \varphi) - V_1 \cos \varphi, \\ \dot{\varphi} &= -\frac{1}{r_0} [V_2 \sin(\theta - \varphi) + V_1 \sin \varphi] - \dot{\Psi}_1, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $r_0$  – дальность между самолетами;  $\varphi$  – курсовой угол;  $\dot{\Psi}_1$  – угловая скорость самолета ЛА1;  $\psi_1$ , и  $\psi_2$  – углы пути самолетов ЛА1 и ЛА2.

Предполагается, что величины  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $\dot{\Psi}_1$ ,  $\psi_1$ , и  $\psi_2$  известны.

Уравнения измерений запишем в форме

$$z_{r_0} = r_0 + v_{r_0}; \quad z_\varphi = \varphi + v_\varphi, \quad (6)$$

где  $v_r$ ,  $v_\varphi$  – случайные ошибки измерений. Предположим, что измерения  $r_0$  и  $\varphi$  производятся дискретно, причем  $v_r$ ,  $v_\varphi$  – дискретные белые шумы с нулевым математическим ожиданием и дисперсиями  $\sigma_r$  и  $\sigma_\varphi$  соответственно.

В векторно-матричной форме уравнения (5) имеют вид

$$\begin{aligned} \dot{x} &= f(x, V_1, V_2, \dot{\Psi}, \theta), \\ z &= x + v \end{aligned} \quad (7)$$

где  $x = \begin{bmatrix} r_0 \\ \varphi \end{bmatrix}$ ;  $z = \begin{bmatrix} z_{r_0} \\ z_\varphi \end{bmatrix}$ ;  $v = \begin{bmatrix} v_{r_0} \\ v_\varphi \end{bmatrix}$  – векторы,

$$f = \begin{bmatrix} V_2 \cos(\theta - \varphi) - V_1 \cos \varphi \\ -\frac{1}{r_0} [V_2 \sin(\theta - \varphi) + V_1 \sin \varphi] - \dot{\Psi}_1 \end{bmatrix}.$$

Пусть интервалы между моментами измерений  $t_k$ ,  $k = 1, 2$ , достаточно малы, так что справедливо приближенное равенство

$$\begin{aligned} x(t_{k+1}) &\approx x(t_k) + f(x_k, V_{1k}, V_{2k}, \dot{\Psi}_{1k}, \theta_k) T_k, \\ T_k &= t_{k+1} - t_k; \end{aligned} \quad (8)$$

В этом случае из (7) получаем следующие уравнения модели движения и измерений для конечных моментов времени:

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= g(x_k, a_k) \quad z_k = x_k + v_k \end{aligned} \quad (9)$$

$$g(x_k, a_k) \approx x_k + f(x_k, a_k),$$

где  $a_k = (V_{1k}, V_{2k}, \dot{\Psi}_{1k}, \theta_k)$ , – набор известных величин,

$$M[v_k], \quad M[v_k, v_k^T] = \begin{bmatrix} \sigma_{r_0} & 0 \\ 0 & \sigma_\varphi \end{bmatrix}.$$

Задача оценки для модели (9) решается на основе уравнений фильтра, имеющих вид

$$\begin{aligned} \hat{x}_k &= \hat{x}'_k + K_k (z_k - \hat{x}'_k) \quad \hat{x}'_k = g(\hat{x}_{k-1}, a_{k-1}); \\ P'_k &= s_k \frac{\partial g(x, a)}{\partial x} \Big|_{k-1} P_{k-1} \left( \frac{\partial g(x, a)}{\partial x} \right)^T \Big|_{k-1}; \\ K_k &= P'_k (P'_k + R_k)^{-1}; \quad P_k = P'_k - K_k P'_k, \end{aligned} \quad (10)$$

где  $P$  – корреляционная матрица вектора возмущений движения ЛА.

Фильтр (10) обеспечивает формирование оценок дальности  $\hat{r}_0$  и курсового угла  $\hat{\varphi}$ . Этим решается задача определения положения самолета ЛА2 относительно самолета ЛА1.

Помимо оценок  $\hat{r}_0, \hat{\phi}$  требуется определить такие параметры относительного движения самолетов, как угловой или линейный промахи  $\mu$ , и  $\chi$  (рис. 2), которые определяют геометрические размеры защищенной зоны ЛА2. Оценки этих величин можно вычислить, используя кинематические уравнения движения, по следующим формулам:

$$\hat{\mu} = \frac{r_{0k} \hat{\phi}_k}{V_{отнk}}; \quad \chi_k = r_0 \mu_k,$$

$$V_{отн} = -V_2 \cos(\theta_k + \varepsilon) + V_1 \cos \varepsilon,$$

$$\hat{\phi} = -\frac{1}{\hat{r}_0} [V_2 \sin(\theta_k - \hat{\phi}_k) + V_1 \sin \hat{\phi}_k] - \dot{\Psi}_{1k}, \quad (11)$$

где  $\varepsilon = \arctg \left[ \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} \right] + \frac{\pi - \theta}{2}$ .

Если же для определения размеров защищенной зоны использовать статистические оценки, то геометрические размеры защищенной зоны выбираются согласно установленному уровню безопасности [1, 2, 8].

### 2. Вектор $V_2$ неизвестен

Если вектор скорости  $V_2$  неизвестен, то задача оценки решается следующим путем. Вводится некоторая гипотеза о законе изменения вектора  $V_2$ . Простейшей гипотезой является предположение, что  $V_2 = \text{const}$ . В результате дополнительно к уравнениям (5) получаем еще два

$$\frac{dV_2}{dt} = 0, \quad \frac{d\Psi_2}{dt} = 0. \quad (12)$$

Уравнения (5), (12) в совокупности образуют модель движения, для которой строится фильтр оценки. Более универсальной будет модель движения самолета, учитывающая возможность его маневра по скорости и курсу. Уравнения (12) здесь примут вид

$$\frac{dV_2}{dt} = a_2, \quad \frac{d\Psi_2}{dt} = \dot{\Psi}_2(t), \quad (13)$$

где  $a_2(t)$ —ускорение самолета ЛА 2;  $\dot{\Psi}_2$ — скорость измерения угла пути.

В общем случае  $a_2(t), \dot{\Psi}_2$  — коррелированные во времени случайные процессы. Модели этих процессов задаются с помощью формирующих фильтров определенной структуры. Далее ошибки их изменений во времени также могут быть коррелированы. Для решения задачи оценки в этом случае следует применить метод вычитания измерений [7].

### 3.5. Метод обнаружения конфликтной ситуации

Принципы обнаружения факта вторжения ЛА в зону тревог зависят от состава измеряемых и вычисляемых параметров относительного движения самолетов. Наиболее полным набором параметров является следующий:

$r_{12}$  — наклонная дальность между самолетами ЛА1 и ЛА2;  $\hat{r}$  — нормальная составляющая вектора относительной скорости  $V_{отн}$ ,  $H_1, H_2$  — высоты полета самолетов ЛА1 и ЛА2 относительно уровня моря.

В более простых СПС измеряются параметры  $r_{12}, \hat{r}, H_1, H_2$ . Наконец, в сигнализаторе опасных сближений (СОС) для решения задачи предотвращения столкновений исходной информацией являются параметры  $r_{12}, H_1, H_2$ .

Метод обнаружения конфликтной ситуации, т. е. возможности вторжения самолета в защищаемую область, выражается в виде так называемого критерия вторжения. Наиболее общим является критерий по ускорению, учитывающий возможность произвольных маневров самолетов в процессе их сближения с учетом ошибок измерения. Кинематическая схема приведена на рис. 3.

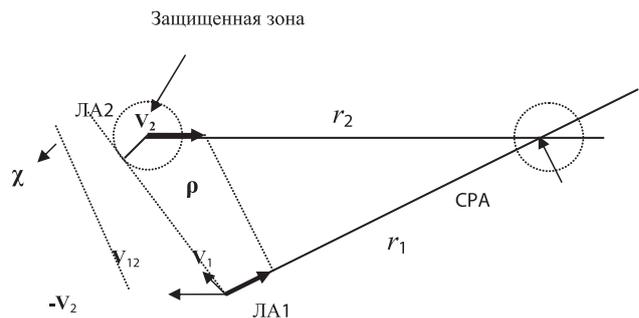


Рис. 3. Схема выбора защищенной зоны

Пусть  $a = a_1 - a_2$  — вектор относительного ускорения самолетов. Примем, что направление вектора  $a$  есть случайная величина, равномерно распределенная в диапазоне углов  $0 \dots 2\pi$ , а максимальное значение модуля вектора постоянно и равно  $a_{\max}$ . Под действием ускорения  $a$  самолет ЛА1 за время  $\tau$  может переместиться в любую точку круга с радиусом  $\frac{1}{2} a_{\max} \tau_{\text{пр}}^2$ . Кроме того, происходит относительное смещение ЛА за счет погрешностей измерения на величину  $\sigma_v$ . Таким образом, радиус защищенной зоны должен быть равным

$$R = |a + v| = \sqrt{\left( \frac{1}{2} a_{\max} \tau_{\text{пр}}^2 \right)^2 + \sigma_v^2}. \quad (14)$$

Здесь  $\tau_{\text{пр}}$  — длина интервала времени, необходимого для обнаружения угрозы столкновения и выполнения маневра уклонения в зоне тревоги.

Из рис. 3 следует, что критерий обнаружения угрозы столкновения можно записать в виде

$$\tau_{\text{пр}} = r_1 / V_1 = r_2 / V_2$$

Получим критерий вторжения для более простой гипотезы, предполагающей, что маневр самолетов отсутствует (т. е.  $V_1 = \text{const}, V_2 = \text{const}$ ). Здесь принимается, что защищаемая область имеет форму круга радиусом

$$R = \sigma_v. \quad (15)$$

Как видим, для оценки критериев требуется информация о дальности до точки пересечения трасс, скоростях  $V_1$  и  $V_2$  и их ускорениях.

С помощью критериев (4), (14), (15) производится обнаружение возможного вторжения в защищенную зону. Поскольку высоты полета самолетов могут быть

неодинаковы, эти критерии дополняются критерием по высоте

$$|H_1 - H_2| < \Delta H_{\text{доп}}, \quad (16)$$

где  $\Delta H_{\text{доп}}$  — минимально допустимая разность высот полета самолетов, конфликтующих по критериям (14), (15). Величина  $\Delta H_{\text{доп}}$  устанавливается согласно [2] и ограничивает риск перекрытия ЛА в вертикальной плоскости.

#### 4. ОБРАБОТКА ДАННЫХ В СПС. ЗАЩИЩАЕМАЯ ЗОНА

Каждое ВС, оснащенное БСПС (TCAS), окружается защищаемой зоной [3]. Границы этой зоны формируются  $\tau$ -критерием (4) и критериями (14), (15), (16), как показано выше.

При низких скоростях вертикального сближения ВС вертикальный размер защищаемого объема для ТА установлен в 1200 футов выше и ниже собственного ВС. Вертикальный размер для РА варьируется от 750 до 950 футов в зависимости от высоты собственного ВС. Для высоких вертикальных скоростей сближения, ТА или РА будут выдаваться тогда, когда прогнозируемое время выхода ВС на одну высоту окажется меньше величин  $\tau$ , приведенных в таблице 1 [3].

Горизонтальные размеры защищаемого объема зависят от времени полета до CPA, т.е. от скоростей и направлений движения конфликтующих ВС и выбранных значений уровня чувствительности SL, а не от фактического расстояния до конфликтующего ВС.

Так, например, TCAS II рассчитана для предотвращения столкновения двух ВС, имеющих горизонтальную скорость сближения до 1200 узлов и вертикальную — до 3000 м/мин.

Согласно [1–3] для предотвращения столкновения (перекрытия) устанавливается допустимый риск (вероятность) перекрытия двух ЛА.

Подробно решение задач о величине риска перекрытия двух ЛА в зависимости от их положения в пространстве и технических характеристик навигационной системы рассматривалось в работах [7–20] и др., в которых предложены алгоритмы оптимального управления траекториями ЛА, совершающими полеты по пересекающимся и сходящимся трассам. Ниже на основе результатов, полученных в [7–10], решается методом максимума Понтрягина [5] и принципом оптимальности Беллмана [6] задача об оптимизации системы управления ЛА, оснащенных БСПС, в зоне предотвращения конфликта. В общем случае задачей разведения конфликта может служить модель большого и важного класса схем полета с ограничением в виде равенства

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{f}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t], \quad (17)$$

где  $m$ -мерный вектор  $\mathbf{u}$  представляет собой управляющую функцию, которую следует выбрать, а  $n$ -мерный вектор  $\mathbf{x}$  представляет собой результирующую

траекторию. Считается, что  $\mathbf{f}$  имеет непрерывные производные по  $\mathbf{x}$  и  $\mathbf{u}$ . Часто оказывается, что подобные предположения о гладкости являются гарантией того, что для любой кусочно-непрерывной функции  $\mathbf{u}$  существует единственная допустимая траектория  $\mathbf{x}$  для (17). Таким образом, для семейства допустимых управляющих функций, принадлежащего к классу кусочно-непрерывных функций, и для любого заданного допустимого начального условия  $\mathbf{x}(t_0)$  выражение (17) определяет единственное допустимое решение в рассматриваемом интервале управления.

Рассмотрим задачу об оптимальном управлении ЛА, когда момент начала и момент завершения полета фиксированы, и определим допустимую функцию управления ЛА  $\mathbf{u}$  с целью минимизации функционала (функции качества)

$$\mathbf{J} = \theta[\mathbf{x}(t), t] \Big|_{t=t_0}^{t=t_r} + \int_{t_0}^{t_r} \Phi[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t] dt, \quad (18)$$

где в зависимости от решаемой задачи выбираются функции  $\theta$  и  $\Phi$ , которые имеют непрерывные частные производные по  $\mathbf{x}$  и  $\mathbf{u}$ . Для того чтобы в функционале (18) учесть системное ограничение, заданное в виде дифференциального уравнения (17), воспользуемся методом множителей Лагранжа

$$\mathbf{J} = \theta[\mathbf{x}(t), t] \Big|_{t=t_0}^{t=t_r} + \int_{t_0}^{t_r} \{ \Phi[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t] + \lambda^T(t) [\mathbf{f}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t] - \dot{\mathbf{x}}] \} dt, \quad (19)$$

где  $\lambda$  — вектор множителей Лагранжа.

С помощью вектора множителей Лагранжа определяется скалярная функция — гамильтониан в виде

$$\begin{aligned} \mathbf{H}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), \lambda(t), t] &= \\ &= \Phi[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t] + \\ &+ \lambda^T(t) \mathbf{f}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t]. \end{aligned} \quad (20)$$

Подставив выражение (20) в (19), преобразуем функцию стоимости к виду

$$\begin{aligned} \mathbf{J} &= \theta[\mathbf{x}(t), t] \Big|_{t=t_0}^{t=t_r} + \\ &+ \int_{t_0}^{t_r} \{ \mathbf{H}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), \lambda(t), t] - \\ &- \lambda^T(t) \dot{\mathbf{x}} \} dt \end{aligned} \quad (21)$$

Затем, проинтегрировав последний член подынтегрального выражения (21), получим

$$\begin{aligned} \mathbf{J} &= \{ \theta[\mathbf{x}(t), t] - \lambda^T(t) \mathbf{x}(t) \} \Big|_{t=t_0}^{t=t_r} + \\ &+ \int_{t_0}^{t_r} \{ \mathbf{H}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), \lambda(t), t] - \lambda^T(t) \dot{\mathbf{x}}(t) \} dt. \end{aligned} \quad (22)$$

Определим первую вариацию  $\mathbf{J}$

$$\begin{aligned} \delta \mathbf{J} &= \left\{ \delta \mathbf{x}^T \left[ \frac{\partial \theta}{\partial \mathbf{x}} - \lambda \right] \right\} \Big|_{t_0}^{t_r} + \int_{t_0}^{t_r} \left\{ \delta \mathbf{x}^T \left[ \frac{\partial \theta}{\partial \mathbf{x}} + \dot{\lambda} \right] + \right. \\ &\left. + \delta \mathbf{u}^T \left[ \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \mathbf{u}} \right] \right\} dt \end{aligned} \quad (23)$$

Необходимое условие минимума состоит в том, что для произвольных вариаций  $\delta \mathbf{x}$  и  $\delta \mathbf{u}$  первая ва-

риация  $\mathbf{J}$  должна быть равна нулю. Отсюда получаем необходимое условие существования минимума функционала (22)

$$\delta \mathbf{x}^T \left[ \frac{\partial \theta}{\partial \mathbf{x}} - \lambda \right] = 0 \text{ для } t = t_0, \quad t = t_f, \quad (24)$$

$$\dot{\lambda} = -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \mathbf{x}}, \quad \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) = \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \lambda}, \quad (25)$$

$$\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \mathbf{u}} = 0. \quad (26)$$

Рассмотрим более подробно начальные и конечные граничные условия, заданные выражением (24).

Для широкого класса задач оптимального управления начальное состояние полета определено, а состояние полета в момент достижения назначенного пункта не определено. В этом случае из (24) получаем следующую запись начальных и конечных граничных условий (условий трансверсальности):

$$\mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0, \quad \lambda(t_f) = \frac{\partial \theta[\mathbf{x}(t_f), t_f]}{\partial \mathbf{x}(t_f)} \quad (27)$$

поскольку  $\delta \mathbf{x}(t_0)$ ,  $\mathbf{x}(t_0)$  фиксировано, а  $\delta \mathbf{x}(t_f)$  — произвольно. В другом широком классе задач и  $\mathbf{x}(t_0)$ , и  $\mathbf{x}(t_f)$  фиксированы (начало и конец маневрирования, положения пунктов вылета и посадки в пространстве и времени). В этом случае  $\delta \mathbf{x}(t_0)$  и  $\delta \mathbf{x}(t_f)$  должны равняться нулю, а  $\mathbf{x}(t_0)$  и  $\mathbf{x}(t_f)$  являются граничными условиями в двухточечной краевой задаче. Для задач оценивания предупреждения конфликтов в СПС ни  $\mathbf{x}(t_0)$ , ни  $\mathbf{x}(t_f)$  не фиксированы, а  $\theta = 0$ . В этом случае из (24) следует, что  $\lambda(t_0) = \lambda(t_f) = 0$ , это и будут граничные условия для данной задачи, так как  $\mathbf{x}(t_0)$  и  $\mathbf{x}(t_f)$  — произвольные. В другом случае мы можем иметь  $\mathbf{x}(t) = \mathbf{x}_0$ ,  $\theta = 0$  и  $\|\mathbf{x}(t_f)\| = 1$ . При этом начальные и конечные условия получаются, если решить два скалярных уравнения, каждое из которых содержит  $n$  переменных:

$$\delta \mathbf{x}^T(t_f) \mathbf{x}(t_f) = 0, \quad \delta \mathbf{x}^T(t_f) \lambda(t_f) = 0. \quad (28)$$

Более точную и общую формулировку начальных и конечных условий получают, когда считают, что в исходном положении

$$\mathbf{M}[\mathbf{x}(t_0), t_0] = 0, \quad (29)$$

а в конечном

$$\mathbf{N}[\mathbf{x}(t_f), t_f] = 0 \quad (30)$$

и эти последние два условия вводят в функцию  $\theta$  с помощью множителей Лагранжа  $\xi$  и  $\nu$ . Тогда функция качества приобретает следующий вид:

$$\mathbf{J} = \theta[\mathbf{x}(t), t] \Big|_{t_0}^{t_f} - \xi^T \mathbf{M}[\mathbf{x}(t_0), t_0] + \nu^T \mathbf{N}[\mathbf{x}(t_f), t_f] + \int_{t_0}^{t_f} \{ \mathbf{H}[\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), \lambda(t), t] - \lambda^T(t) \dot{\mathbf{x}} \} dt \quad (31)$$

Начальные условия получают обычными вариационными методами:

$$\lambda(t_0) = \frac{\partial \theta}{\partial \mathbf{x}} + \left( \frac{\partial \mathbf{M}^T}{\partial \mathbf{x}} \right) \xi, \quad \mathbf{M}(\mathbf{x}(t), t) = 0, \quad t = t_0. \quad (32)$$

Из (32) получаются  $n$  начальных условий с  $g$  параметрами, которые определяются так, чтобы выполнялись условия (29). Аналогично  $n$  условий в момент достижения намеченного пункта получаются из

$$\lambda(t_f) = \frac{\partial \theta}{\partial \mathbf{x}} + \left( \frac{\partial \mathbf{N}^T}{\partial \mathbf{x}} \right) \nu, \quad \mathbf{N}(\mathbf{x}(t), t) = 0, \quad t = t_f, \quad (33) \text{ при } \mathbf{q} \text{ параметрах } \nu$$

так, чтобы выполнялось  $q$  условий (30).

Векторное дифференциальное уравнение (25) называют сопряженным уравнением. Уравнение (26) дает связь между исходной динамикой системы (33) и  $n$ -мерным сопряженным уравнением  $\dot{\lambda}$  (25).

Условием минимума  $\mathbf{J}$  является также не отрицательность второй вариации  $\mathbf{J}$  вдоль всех траекторий так, чтобы было справедливо (33). Поэтому следует вычислить вторую вариацию  $\mathbf{J}$  и приравнять нулю вариацию от уравнения (17). Такое условие выполняется в том случае, если квадратная матрица порядка  $n + m$  под знаком интеграла и матрица  $\frac{\partial^2 \theta}{\partial \mathbf{x}^2}$  являются неотрицательно определенными.

### 5. РАЗВОД КОНФЛИКТУЮЩИХ ЛА

Предположим, что в  $n$ -мерном фазовом пространстве  $\mathbf{X}$  по пересекающимся трассам, лежащим в вертикальной (горизонтальной) плоскости, движутся два ЛА. Встреча этих ЛА (или их перекрытие) может произойти в точке пересечения трасс СРА. Необходимо предотвратить перекрытие ЛА в указанном пункте. Движение каждого из этих ЛА определяется своей собственной системой дифференциальных уравнений со своим собственным управляющим параметром. Управляющий параметр, область управления и траекторию движения ЛА1 с БСПС, совершающего обход защищенной зоны ЛА2 (также оснащенного БСПС), обозначим соответственно через  $\mathbf{u}$ ,  $\mathbf{U}$ ,  $\mathbf{x}(t)$ . Для ЛА2 будем эти величины обозначать символами  $\mathbf{v}$ ,  $\mathbf{V}$ ,  $\mathbf{x}'(t)$ .

Пусть  $\mathbf{u}(t)$ ,  $\mathbf{v}(t)$  — некоторые допустимые управления, а  $\mathbf{x}(t)$ ,  $\mathbf{x}'(t)$  — соответствующие им траектории с начальными условиями

$$\mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0, \quad \mathbf{x}'(0) = \mathbf{x}'_0. \quad (34)$$

Если для некоторого  $t > 0$  расстояние между ЛА становится равным  $\mathbf{R}$  радиусу защищенной зоны, т.е. выполняется равенство

$$|\mathbf{x}(t_p) - \mathbf{x}'(t_p)| = \mathbf{R}. \quad (35)$$

то число  $t_p$  является моментом разведения конфликтующих ЛА, а сам факт выполнения равенства (35) — разведением. Вообще говоря, если управления  $\mathbf{u}(t)$  и  $\mathbf{v}(t)$  выбраны произвольно, то перекрытия может не произойти ни при каком  $t > 0$ . Если же перекрытие происходит, то мы будем говорить, что  $\mathbf{u}(t)$  является разводящим управлением (для заданного управления  $\mathbf{v}(t)$  и заданных начальных условий (34)). При этом для заданных  $\mathbf{x}$ ,  $\mathbf{x}'$ ,  $\mathbf{v}(t)$  и выбранного управления  $\mathbf{u}(t)$  может произойти не одно перекрытие. Тогда наименьшее положительное число

$t_p$  является временем разведения, соответствующим управлениям  $u(t), v(t)$ , которое обозначим через  $T_{u,v}$ .

Считается, что для любого заданного управления  $v(t)$  существует (при заданных начальных условиях (33)) разводящее управление  $u(t)$ . Если любое допустимое управление  $v(t)$  выбрано, то можно поставить вопрос о нахождении такого допустимого управления  $u(t)$ , чтобы соответствующее время разведения  $T_{u,v}$  принимало минимальное значение. Этот минимум обозначим через  $T_v$ :

$$T_v = \min (T_{u,v}).$$

Далее предполагаем, что существует допустимое управление  $v(t)$ , осуществляющее максимум величины  $T_v$ . Этот максимум обозначим через  $T$ :

$$T = \max_v T_v = \max_v \left( \min_u T_{u,v} \right). \quad (36)$$

Задача заключается в том, чтобы выбрать такую пару допустимых управлений  $u(t), v(t)$ , что для соответствующего времени разведения  $T_{u,v}$  выполняется равенство  $T_{u,v} = T$ . Такая пара управлений  $u(t), v(t)$  является оптимальной парой управлений, а соответствующая пара траекторий  $x(t), x'(t)$  (с начальными значениями (34)) – оптимальной парой траекторий.

Итак, управление и (при любом заданном управлении  $v(t)$ ) выбирается таким образом, чтобы по возможности ускорить разведение конфликтующей пары. При решении поставленной задачи предполагается, что движение маневрирующего ЛА1 описывается в пространстве  $X$  линейным уравнением (в векторной форме)

$$\dot{x}_1 = f(x, u) \equiv Ax_1 + Bu + c, \quad (37)$$

для которого соответствующая область управления  $U$  представляет собой замкнутый выпуклый ограниченный многогранник в пространстве  $ET$  переменной  $u = (u_1, \dots, u_T)$ . Движение ЛА1 описывается векторным уравнением

$$\dot{x}' = g(x', v, t), \quad (38)$$

а соответствующая область управления  $V$  является множеством  $s$ -мерного пространства переменной  $v = (v_1, \dots, v_s)$ . В качестве класса допустимых управлений (как для  $u$ , так и для  $v$ ) примем множество всех кусочно-непрерывных управлений. На координаты векторной функции  $g(x', v, t)$ , наложим обычные условия (непрерывность по переменным  $x', v, t$  и непрерывная дифференцируемость по координатам  $x'$ ). Для решения поставленной задачи согласно принципу максимума Понтрягина [5] введем в рассмотрение два вспомогательных вектора (множители Лагранжа)

$$\varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_n), \quad \chi = (\chi_1, \dots, \chi_n)$$

и две гамильтоновы функции

$$H(\varphi, x, u) = \sum_{\alpha=1}^n \varphi_\alpha \cdot f_\alpha(x, u) = (\varphi, f(x, u)),$$

$$H'(\chi, x', v) = \sum_{\alpha=1}^n \chi_\alpha \cdot g_\alpha(x', v, t) = (\chi, g(x', v, t)),$$

соответствующие маневрирующему ЛА2 и не маневрирующему ЛА1. С помощью функций  $H, H'$  мы напишем следующие две системы уравнений для вспомогательных неизвестных  $\varphi_i$  и  $\chi_i$ :

$$\begin{aligned} \dot{\varphi} &= -\frac{\partial H}{\partial x}, \\ \dot{\chi} &= -\frac{\partial H'}{\partial x'}. \end{aligned} \quad (39)$$

Если заданы функции  $u(t), x(t), v(t), x'(t)$ , то подставляя их в правые части системы (39), мы получим линейные системы относительно неизвестных  $\varphi_i$  и  $\chi_i$ . Каждое решение  $\varphi_i$  и  $\chi_i$  этих систем будет соответствовать выбранному функциям  $u(t), x(t), v(t), x'(t)$ . Итак, необходимое условие оптимальности для рассматриваемой задачи сводится к следующему:

Пусть  $u(t), x(t)$  – оптимальная пара управлений, а  $v(t), x'(t)$  – соответствующая оптимальная пара траекторий (см. уравнения (37), (38)) и  $T$  – время разведения. Тогда существуют такие нетривиальные решения  $x(t), x'(t)$  систем (39), соответствующие функциям  $u(t), x(t), v(t), x'(t)$ , что:

1) для всех  $t, 0 \leq t \leq T$ , выполнены условия максимума

$$\max_{u \in U} H(\varphi(t), x(t), u) = H(\varphi(t), x(t), u(t)), \quad (41)$$

$$\max_{v \in V} H'(\chi(t), x'(t), v) = H'(\chi(t), x'(t), v(t)); \quad (42)$$

2) в момент  $t = T$  выполняются условия

$$H(\varphi(T), x(T), u(T)) \geq H'(\chi(T), x'(T), v(T)), \quad (43)$$

$$\varphi(t) = \chi(t). \quad (44)$$

Процессы обработки данных в бортовых системах предупреждения столкновений сводятся к обнаружению конфликтного самолета, оценке параметров относительного движения по результатам измерений, обнаружению факта «вторжения» конфликтного самолета в так называемую защищенную область, определению вида маневра для предотвращения столкновения и момента начала маневра. В сигнализаторах опасных сближений (СОС) обработка данных сводится к обнаружению конфликтного самолета, оценке параметров относительного движения и своевременному предупреждению летчика об угрозе столкновения. Алгоритмы обработки данных и надежность получаемых результатов обработки и оценки конфликтной ситуации существенно зависят от состава и точности измеряемых параметров.

## 6. ОГРАНИЧЕНИЯ В ФОРМЕ НЕРАВЕНСТВ НА ТРАЕКТОРИЮ ДВИЖЕНИЯ ЛА (ПЕРЕМЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ) И УПРАВЛЕНИЕ

Определенные выше критерии являются ограничениями в форме неравенств на некоторые или на все переменные состояния. Представим это ограничение в форме неравенства с помощью  $s$ -мерного векторного уравнения

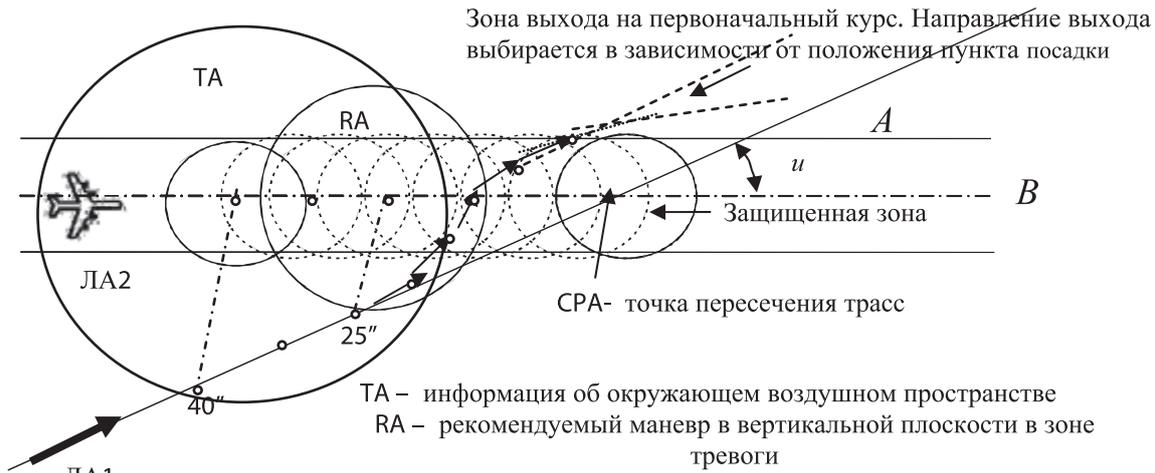


Рис. 4. Вариант моделирования разведения конфликтной ситуации (схема на дисплее ЛА1)

$$h[x(t), t] \geq 0, \quad (45)$$

при этом предполагается, что каждая составляющая  $h$  дифференцируема в пространстве состояний полета. Существуют несколько методов, с помощью которых можно осуществить преобразование выражения (45) в ограничение в форме равенства [11, 13]. Введем новую переменную  $x_{n+1}$

$$\dot{x}_{n+1} = [h_1(x, t)]^2 H(h_1) + [h_2(x, t)]^2 H(h_2) + \dots + [h_s(x, t)]^2 H(h_s), \quad (46)$$

где  $H[h_s(x, t)]$  – модифицированная ступенчатая функция Хевисайда:

$$H[h_s(x, t)] = \begin{cases} 0, & h(x, t) \geq 0, \\ K_s, & h(x, t) < 0, \end{cases} \quad (47)$$

$$K_s > 0, \quad s = 1, 2, \dots, s$$

при начальном условии  $x_{n+1}(t_0) = 0$ .

Таким образом, видно, что  $x_{n+1}(t_f)$  является непосредственным способом включения ограничения в форме неравенства, наложенного на переменную состояния

$$x_{n+1}(t_f) = \int_{t_0}^{t_f} \dot{x}_{n+1}(t) dt = \int_{t_0}^{t_f} \left\{ [h_1(x, t)]^2 H(h_1) + \dots + [h_s(x, t)]^2 H(h_s) \right\} dt$$

Потребуем, чтобы  $x_{n+1}(t_f) = 0$ .

Такой подход [11, 14] позволяет преобразовать  $s$  ограничений в форме неравенств в  $s$  ограничений в форме равенств вида

$$\begin{aligned} \dot{x}_{n+1} &= [h_1(x, t)]^2 H(h_1), & x_{n+1}(t_0) &= 0, \\ \dot{x}_{n+2} &= [h_2(x, t)]^2 H(h_2), & x_{n+2}(t_0) &= 0, \\ &\vdots & & \\ \dot{x}_{n+s} &= [h_s(x, t)]^2 H(h_s), & x_{n+s}(t_0) &= 0, \end{aligned}$$

которые затем прибавим к функционалу, в результате чего получим

$$J_{\text{мод}} = J_{\text{исх}} + \sum_{j=1}^{j=s} x_{n+j}(t_f). \quad (48)$$

Таким образом, множители  $K_s$  являются функциями штрафов, а  $J_{\text{мод}}$  минимизируется так, что защищенная зона или область ограничения затрагивается слабо либо вообще не меняется. Если мы потребуем, чтобы  $x_{n+j}(t_f) = 0$  для  $j=1, 2, \dots, s$ , ограничение, конечно, вообще не усиливается.

Ограничение на управление, например, на курсовой угол  $\varphi(t)$  в виде неравенства  $|\varphi| \leq \varphi_{\text{max}}$  можно преобразовать в ограничение типа равенства, если ввести дополнительную переменную  $\xi$  и предположить, что в каждый момент времени  $t$  ( $t_1 \leq t \leq t_2$ ) выполняется условие

$$(\varphi(t) + \varphi_{\text{max}}) (\varphi_{\text{max}} - \varphi(t)) - \xi^2(t) = 0.$$

Здесь  $\xi(t)$  – переменная, которая стремится к нулю, если  $\varphi(t)$  любого из своих пределов –  $\varphi_{\text{max}}$  или  $-\varphi_{\text{max}}$ . Когда  $\varphi(t)$  располагается между этими пределами, переменная  $\xi(t)$  является конечной величиной. Например, при  $\varphi(t) = 0$   $\xi(t)$  имеет величину  $\varphi_{\text{max}}$ .

Ниже приводятся некоторые результаты моделирования разведения конфликта. Алгоритм моделирования и оптимальная траектория представлены на рис. 4.

В качестве примера развязывания конфликтной ситуации при заданном уровне безопасности рассмотрим задачу движения самолетов по пересекающимся трассам (рис. 4).

Самолет ЛА1 движется по трассе А со скоростью  $V_1$ . Второй самолет ЛА2 совершает полет с постоянной скоростью  $V_2$  по трассе В, пересекающей первую под углом  $u$ . Скорость ЛА1 больше скорости ЛА2. Требуется найти оптимальную траекторию одного из маневрирующих ЛА, которая обеспечивает заданный уровень безопасности воздушного движения. Зона безопасности ЛА2 в вертикальной плоскости ограничена окружностью радиуса  $R$  [1,2,8], которая перемещается вместе с самолетом. Маневрирует ЛА1. Причем известно, что для случая, когда не принимаются меры безопасности, происходит перекрытие самолетов в зоне пересечения трасс с вероятностью,

превышающей допустимый риск. Величина риска определяется радиусом зоны R согласно критериям (14), (15), (16). Динамика движения самолетов описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, & x_1(t_0) &= x_{10}, \\ \dot{x}_2 &= 0, & x_2(t_0) &= x_{20}, \\ \dot{x}_3 &= x_5 \cos u, & x_3(t_0) &= x_{30}, \\ \dot{x}_4 &= x_4 \sin u, & x_4(t_0) &= x_{40}, \\ \dot{x}_5 &= b \sin u, & x_5(t_0) &= x_{50}, \\ \dot{x}_6 &= h^2 H(h), & x_6(t_0) &= x_{60}, \\ \dot{x}_7 &= \eta(u, \xi), & x_7 &= x_{70} \end{aligned}$$

где управление  $u$  – угол наклона траектории полета ЛА1 относительно траектории ЛА2.

Функция качества согласно (35) имеет вид

$$J = \int_{t_0}^{t_f} \sqrt{\dot{x}_3^2 + \dot{x}_4^2} dt + \frac{1}{2} S x_6^2(t_f)$$

при ограничении в форме неравенства на вектор состояния

$$h(x_1, x_2, x_3, x_4) = [(x_1 - x_3)^2 + (x_2 - x_4)^2]^{1/2} - R \geq 0,$$

которое можно преобразовать в ограничение в форме равенства

$$x_6 = f_6 = [h(x_1, x_2, x_3, x_4)]^2 H(h)$$

Ограничение  $|u| \leq u_m$  на  $u$  – угол между векторами  $V_1$  и  $V_2$  представлено в виде равенства

$$\eta = (u + u_m)(u_m - u) - \xi^2.$$

Решение такой системы нелинейных дифференциальных уравнений с соответствующими граничными условиями дает оптимальную траекторию и оптимальное управление. Вычисления уравнений двухточечной

краевой задачи (ДТКЗ) выполняются с использованием градиентного метода. Выбирается начальное значение  $u_0(t)$  и вычисляется  $x_0(t)$  путем интегрирования уравнения  $\dot{x}^0 = f^0$  в прямом времени от  $t_0$  до  $t_f$ . Затем интегрируется присоединенное уравнение в обратном времени от  $t_f$  до  $t_0$  с финальными условиями, выбираемыми в зависимости от рассматриваемого сценария конфликтной ситуации. Полученные данные позволяют вычислить производную  $\partial H / \partial u^0$  и, следовательно, найти управление для следующей итерации:

$$u^1(t) = u^0(t) + \Delta u^0(t) = u^0(t) - K \partial H / \partial u^0.$$

Управление для следующего шага определяется соотношением

$$u^1(t) = u^0(t) - K \partial H / \partial u^0.$$

Последовательное движение шаг за шагом позволяет построить таблицу управления  $u$  и оптимальную траекторию разведения конфликта на рис. 4.

В заключение отметим, что исследуется возможность работы системы предупреждения столкновений без участия экипажа. Предполагается, что разведение конфликтных ситуаций будет выполняться автопилотом согласно командам, полученным от СПС. При этом отмечается, что в случае ручного управления новая система не будет вмешиваться в процесс пилотирования ВС.

Следует также кратко отметить, что разрабатываются технологии использования СПС при реализации концепции режима свободного полета (Free Flight). Изучаются методы того, как пилот должен реагировать на консультативные сообщения о воздушной обстановке и на рекомендуемые решения по устранению конфликтной ситуации.

## Литература

1. Руководство по требуемым навигационным характеристикам (RNP). Изд. Второе. Doc 9613 – AN/937, 1999.
2. Руководство по применению минимума вертикального эшелонирования в 300 м (1000 фут) между ЭП 290 и ЭП 410 включительно. Изд. второе, Doc 9574 – AN/934, 2002.
3. Авиационная электросвязь. Приложение 10 том IV (системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений). Изд. третье тома IV. – ИКАО, июль 2002.
4. Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации. – М.: Военное издательство, 1999.
5. Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкредидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: издательство «Наука», главная редакция физико-математической литературы, Изд. третье, 1976.
6. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: ИЛ, 1960.
7. Тарасов В. Г. Межсамолетная навигация. – М.: Машиностроение, 1980.
8. Марьин Н. П. Оценка уровня безопасности полетов (TLS) в процессе внедрения требуемых навигационных характеристик (RNP) и минимума вертикального эшелонирования (VSM), Проблемы безопасности полетов, 2005, № 9.
9. Марьин Н. П. Оптимальное управление ЛА в зоне пересечения трасс при установленном уровне безопасности воздушного движения. Научный вестник ГосНИИ «Аэронавигация», 2006, № 6.

10. Марьин Н. П. Оптимальное управление полетом летательного аппарата при сохранении (соблюдении) уровня безопасности. Проблемы безопасности полетов, 2006, № 7.
11. Сейдж Э. П., Уайт, III Ч. С. Оптимальное управление системами. Перевод с англ. под ред. Б. Р. Левина. – М.: Радио и связь, 1982.
12. Методика определения минимумов эшелонирования, применяемых для разделения параллельных линий пути в структурах маршрутов ОВД. Циркуляр 120-AN/89/2.
13. Сю Д., Мейер А. Современная теория автоматического управления и ее применение. – М.: Машиностроение, 1972.
14. Анодина Т. Г., Володин С. В., Куранов В. П., Мокшанов В. И. Управление воздушным движением. – М.: Транспорт, 1988.
15. Казаков И. Е. Статистическая динамика систем с переменной структурой. – М.: Наука, 1977.
16. Красовский А. А. Фазовое пространство и статистическая теория динамических систем. – М.: Наука, 1974.
17. Соловьев Ю. А. Системы спутниковые системы. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000.
18. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1970.
19. Жулев В. И., Иванов В. С. Безопасность полетов летательных аппаратов. – М.: Транспорт, 1986.
20. Воробьев В. Г., Зубков Б. В., Уриновский Б. Д. Технические средства и методы обеспечения безопасности полетов. – М.: Транспорт, 1989.



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ОДНОЧАСТОТНОЙ ДВУХСИСТЕМНОЙ СПУТНИКОВОЙ АППАРАТУРЕ ГЕО-161 ПРИ РАБОТЕ В СТАТИЧЕСКОМ И ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМАХ

С. Н. Свердлик\*, С. Н. Цуцков\*\*

*В статье обсуждается возможность применения отечественной спутниковой одночастотной двухсистемной геодезической аппаратуры для мониторинга высотных объектов. По результатам экспериментов выполнены оценки эффективности алгоритма статистической обработки при работе в статическом и динамическом режимах.*

## EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE EFFICIENCY OF THE STATISTIC PROCESSING ALGORITHM FOR MEASURE- MENT RESULTS OF THE DOMESTIC SINGLE-FREQUENCY GLONASS/GPS UNIT GEO-161 IN A STATIC AND DYNAMIC MODES OF OPERATION

S. Sverdlik, S. Tsutskov

*The paper considers possible applications of the domestic satellite single-frequency GLONASS/GPS geodetic equipment for monitoring high buildings. The efficiency of statistic processing algorithms was evaluated based of the experimental results in static and dynamic modes of operation.*

В последнее время для мониторинга высотных зданий и протяженных объектов многие зарубежные и отечественные фирмы предлагают использование спутниковой GPS-аппаратуры. По материалам различных публикаций, точность относительного позиционирования при принудительном перемещении (с миллиметровой точностью) и продолжительности сеанса 5–10 минут составляет 0,5–0,8 см (не приводится диапазон расстояний между базовыми и роверными станциями). При этом использовалась двухчастотная спутниковая аппаратура и зарубежные программы обработки, что требует значительных материальных затрат.

Целью настоящего эксперимента было определить возможность использования для этих целей одночастотной двухсистемной (ГЛОНАСС/GPS) отечественной спутниковой аппаратуры и программ постобработки для получения аналогичных (как с использованием двухчастотной аппаратуры) точностей (0,5–0,8 см), а также продолжительности минимального сеанса наблюдений в режиме «статика» и предельного удаления от контрольных базовых станций.

Была поставлена также задача определения возможностей кинематического (динамического) режима наблюдений для мониторинга высотных зданий.

При проведении эксперимента использовалась двухсистемная одночастотная спутниковая геодезическая аппаратура ГЕО-161 и программа послеобработки «VL-G1», разработанная ОАО «Российский институт радионавигации и времени» (РИРВ). Заявленные технические характеристики, подтвержденные при сертификации в Госстандарте России, составляют:

- в режиме «статика» и «быстрая статика» – 10 мм +  $2 \times L \times 10^{-6}$  на расстоянии до 15 км (L – длина измеряемого базиса);
- в режиме «кинематика с инициализацией» – 20 мм +  $2 \times L \times 10^{-6}$  на расстоянии до 3 км.

Эксперимент проводился на технологической базе ГОСНИИАС (расположенной на крыше здания), где были размещены две контрольные базовые станции (приемники ГЕО-161). На расстоянии 13 и 20 метров от них был установлен юстировочный столик, обеспечивавший вращение его относительно вертикаль-

\* С.Н. Свердлик – главный специалист Московского филиала РИРВ

\*\* С.Н. Цуцков – главный специалист Московского филиала РИРВ

ной оси с заданной (необходимой) скоростью. На нем были расположены узлы крепления (реперные точки) для двух антенн приемников на расстоянии 259 мм друг от друга. Это позволило в неподвижном положении выставить базовую станцию В1 в створе двух стержней (роверных приемников) по направлению «Север-Юг». Одна базовая станция Site находилась в восточном направлении на расстоянии 10 км от остальных, где в качестве приемника использовался двухсистемный двухчастотный приемник Legacy (фирма JAVAD). Другая базовая станция RB1 (приемник GEO-161) располагалась в 7 км южнее. Измерения от этих базовых станций проводились в разные дни. В обработке использовались измерения только по одной частоте. Контрольная базовая станция В1 располагалась в южном углу здания, в створе роверных станций Rov1-Rov2, контрольная станция В2 – в западном углу здания (рис. 1).

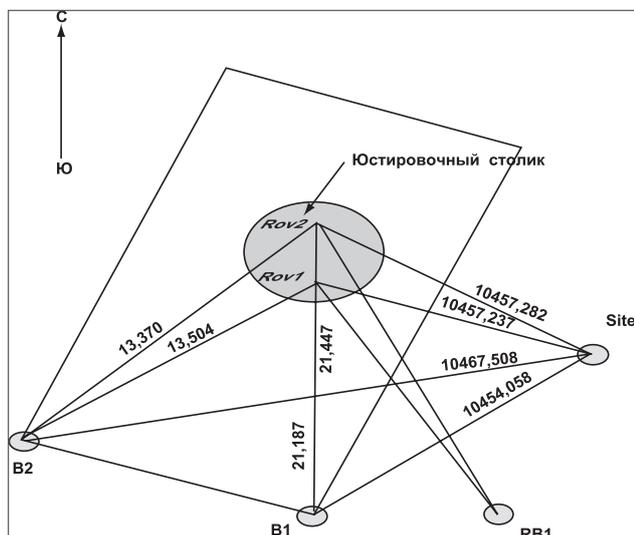


Рис. 1. Схема расположения базовых и роверных станций

В 1-й час наблюдения работали все базовые станции и Rov1 (приемник GEO-161), во 2-й час работали все базовые станции и Rov2, переставленный из реперной точки Rov1. Интервал набора измерений на всех приемниках был установлен равным 1 сек. Все сеансы наблюдений на роверных станциях Rov1 и Rov2 были разбиты на подсеансы по 5 минут.

Чтобы ослабить корреляцию, для обработки выбирались несинхронные подсеансы на роверных станциях Rov1 и Rov2 (разнесенные по времени). Эта длительность подсеансов обеспечивала получение фиксированного решения (разрешение фазовой неоднозначности). По этим подсеансам от всех базовых и контрольных станций были получены относительные положения роверных станций в виде приращений координат на «Север» и «Восток» в проекции Гаусса-Крюгера, а также высотные составляющие относительно поверхности юстировочного столика имитатора смещения (ИС).

По этим приращениям были вычислены составляющие перемещений роверных станций в плане

(на «Север») и по высоте, полученных от базовых станций Site, B1 и B2. Отклонения вычисленных значений относительно истинных представлены графиками на рис. 2, 3.

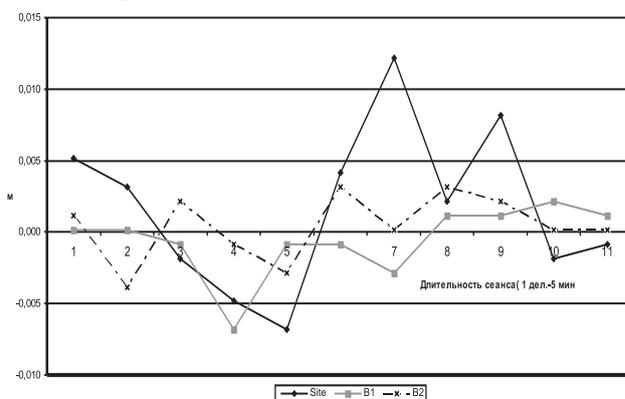


Рис. 2. Отклонение измеренных значений относительно истинных базовых при перемещении (север-юг) роверных станций от базовых (Site B1, B2) в плане

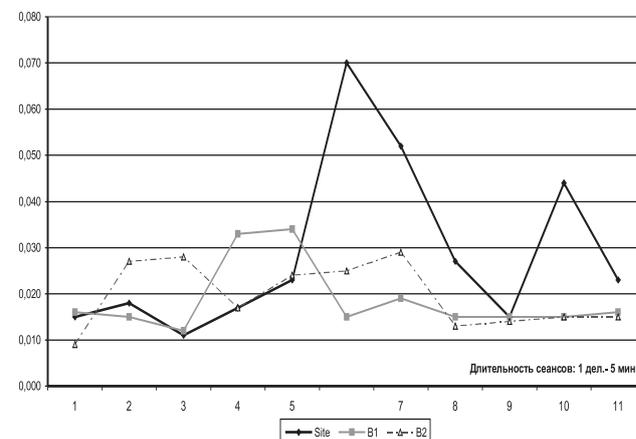


Рис. 3. Отклонения измеренных значений относительно истинных базовых при перемещении (север-юг) роверных станций от базовых (Site B1, B2) по высоте

При обработке всего сеанса (без разбиения на подсеансы) длительностью 1 час выборочные средние значения ошибок составили в плане: Site – 0,000 м; B1 – 0,001 м; B2 – 0,000 м. По высотной составляющей: Site – 0,023 м; B1 – 0,020 м; B2 – 0,019 м. Среднеквадратические отклонения (СКО) по всем сеансам составили: в плане для Site – 0,0059 м; B1 – 0,0025 м; B2 – 0,0023 м, по высоте – Site – 0,0207 м; B1 – 0,0077 м; B2 – 0,0071 м.

В подсеансах 7 и 9 наблюдались большие отклонения (скачки) измеренных значений относительно базовых. Анализ условий проведения эксперимента показал, что количество видимых спутников было равно 6 (сигналов, принимаемых в обработку) в отличие от других подсеансов, где видимых спутников было 8 и более. Прием сигналов от 6 спутников для данных расстояний недостаточен, поскольку уменьшается достоверность результатов обработки. Во многом это обуславливается наличием препятствий для радиовидимости от КА в виде высотных зданий. Так, на юго-востоке от здания ГОСНИИАС



**Рис. 4.**

расположен жилой комплекс (Триумф-Палас) высотой 250 метров (рис. 4), ограничивающий зону видимости КА в этом направлении. Это обстоятельство указывает на необходимость предварительного планирования сеанса наблюдений для определения геометрии созвездия КА в зависимости от реальных препятствий прохождения сигналов на объект или для статистического учета «мертвых зон» в процессе мониторинга объекта.

Аналогичный эксперимент был проведен от базовой станции RB1 через два месяца. Она располагалась на крыше 7-этажного здания в центре Москвы. Длительность подсеансов составила 10 минут (получение фиксированного решения). Увеличение длительности



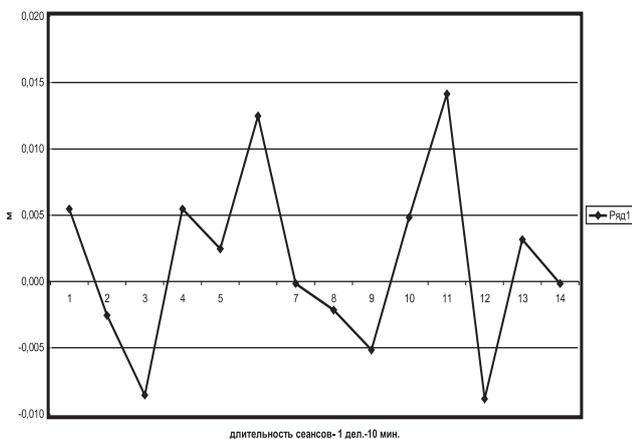
**Рис. 5.**

подсеансов по сравнению с измерениями относительно базовой точки Site обусловлено наличием большого числа переотражающих поверхностей (металлических крыш зданий) вокруг точки RB1 (рис. 5).

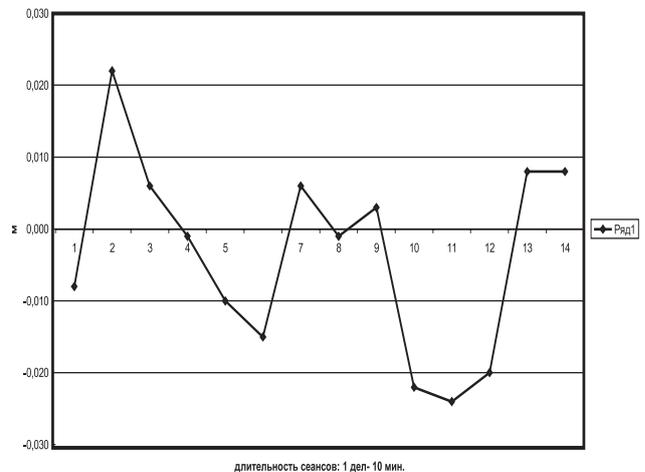
Отклонения вычисленных значений относительно истинных базовых представлены графиками на рис. 6, 7.

При обработке всего сеанса (без разбиения на подсеансы) длительностью 1 час средние ошибки составили: в плане RB1 – 0,001 м, по высоте составляющей – RB1 -0,002 м. СКО по всем сеансам составили: в плане для RB1 – 0,0068 м; по высоте – RB1 – 0,014 м.

Одной из задач данного эксперимента было определение точностных характеристик приемников ГЕО-161



**Рис. 6.** Отклонение измеренных значений относительно истинных базовых при перемещении (север–юг) роверных станций от базовой RB1 в плане



**Рис. 7.** Отклонения измеренных значений относительно истинных базовых при перемещении (север–юг) роверных станций от базовой RB1 по высоте



Рис. 8.

в кинематическом (динамическом) режиме наблюдений при использовании в структуре мониторинга высотных зданий. Для этого на юстировочном столике, обеспечивавшем горизонтальное вращательное движение, на расстоянии 180 мм от центра вращения была установлена антенна роверного приемника Rov2 (рис. 8). В течение 10 минут проводилось равномерное вращение (два полных оборота столика). Полученные измерения приемника Rov2 обрабатывались относительно базовой станции B2, расположенной на расстоянии 13,4 м. Результаты вычислений, представленные на рисунке 9, показывают возможность определения динамических перемещений с точностью 2–3 см. Однако в этом случае удаленность базовой станции от ровера ограничена 3 км.

Результаты проведенного эксперимента позволяют сделать следующие выводы:

1. Использование одночастотной двухсистемной спутниковой геодезической аппаратуры в статическом режиме на расстоянии до 10 км позволяет оценивать перемещение роверного приемника с точностью 6–8 мм (СКО в плане – 7 мм, по высоте – 20 мм.). При этом необходимая длительность сеанса составляет 5–10 минут, в зависимости от условий расположения базовых станций. Использование

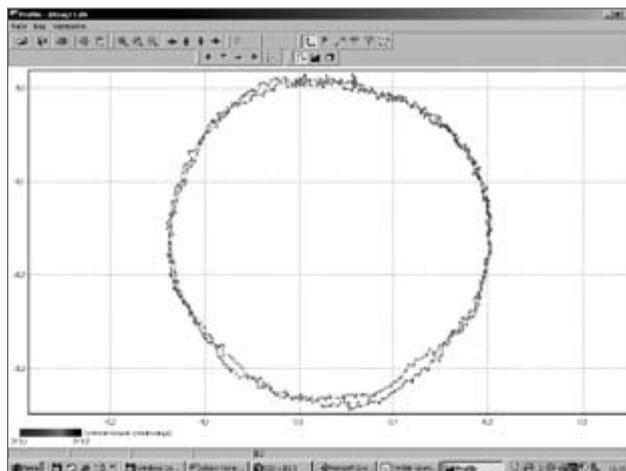


Рис. 9.

2. Применение кинематического (динамического) режима наблюдений позволяет определять перемещение ровера с точностью 2–3 см. Удаленность базовой станции в этом случае ограничена 3 км. Этот режим целесообразно использовать при наблюдении объектов с быстро меняющимся смещением (более 2 сантиметров за минуту).
3. В случае наличия препятствий для радиовидимости от КА в виде высотных зданий в статическом режиме необходимо проводить предварительное планирование сеанса наблюдений с увеличением длительности сеанса для повышения достоверности.
4. При выборе места расположения базовых станций в черте мегаполиса целесообразно использовать высотные здания, преобладающие над окружающими зданиями с металлическими крышами.
5. Представляются перспективными организация системы автоматического проведения наблюдений и разработка программы автоматической обработки измерений.



# О ФЕДЕРАЛЬНОМ РАДИОНАВИГАЦИОННОМ ПЛАНЕ США 2005 ГОДА

«Редакционный обзор»

## ON THE US FEDERAL RADIONAVIGATION PLAN (2005)

Федеральный радионавигационный план (ФРП) США является официальным изложением политики и планов федерального правительства, как предусмотрено Законом о финансировании национальной безопасности на 1998 финансовый год. Этот план подготовлен совместно Министерством обороны (МО), транспорта (МТ) и внутренней безопасности (МВБ) при помощи других государственных органов. ФРП 2005 года (ФРП-2005) обновляет и заменяет ФРП 2001 года; в нем рассмотрены радионавигационные системы общего применения (то есть используемые как в гражданском, так и в военном секторах). Системы, предназначенные исключительно для военного применения, описаны в Главном плане местоопределения, навигации и синхронизации (MRNTP) Председателя объединенного комитета начальников штабов (CJCS).

ФРП-2005 содержит введение, разделы о политике, рабочих планах, исследованиях и разработках, он позволит более эффективно и ответственно изменять политику и планы работ [1]. В сопроводительном документе, который называется «Федеральные радионавигационные системы» (ФРС) [2], сформулированы задачи и обязанности правительства, требования пользователей и приведены описания систем. ФРС переиздается периодически по мере необходимости.

ФРП-2005 подписан Министром транспорта Норманом Минетой (Norman Y. Mineta) 21.10.2005 г., Министром обороны Дональдом Рамсфелдом (Donald H. Rumsfeld) 05.01.2006 г. и Министром внутренней безопасности Майклом Чертофф (Michael Chertoff) 10.10.2005 г.

Первая редакция Федерального радионавигационного плана была опубликована в 1980 году как часть доклада Президента Конгрессу. Она была подготовлена в рамках Закона о Международной морской спутниковой связи (INMARSAT) 1978 года. Именно в это время был разработан первый совместный план для радионавигационных систем от Министерства транспорта (МТ) и Министерства обороны (МО). Сейчас этот план обновляется через каждые два года и является основным документом по планированию и указанию приоритетов политики для всех имеющихся и будущих радионавигационных систем федерального уровня. После передачи службы Береговой охраны США (USCG) из МТ в состав Министерства внутренней безопасности (МВБ)

согласно публичному закону 107-296 (116 статья 2135), данная редакция ФРП является первым подобным документом, который подписан Министрами обороны, транспорта и внутренней безопасности.

### ФРП-2005 [1] состоит из следующих разделов:

**Раздел 1** – Введение в Федеральный радионавигационный план. Обозначены цель, область и задачи плана и изложены основные задачи и обязанности по предоставлению радионавигационных услуг МТ, МО и других государственных ведомств. Кроме этого, в разделе 1 обсуждаются соображения по выбору систем.

**Раздел 2** – Политика США в области систем радионавигации. Описана политика США по обеспечению работоспособности каждой радионавигационной системы, описанной в этом документе.

**Раздел 3** – Рабочие планы в области систем радионавигации. Сведены вместе планы федерального правительства по созданию радиосредств общего и специального назначения для использования в гражданском и в военном секторах.

**Раздел 4** – Сводка по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам. Описаны научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, планируемые и проводимые силами МО, МТ, МВБ и других федеральных ведомств.

**Приложение А – Определения.**

**Приложение В – Глоссарий.**

**Литература.**

### Назначением ФРП является:

- Представить текущую политику правительства США и планы по эксплуатации гражданских и военных радионавигационных систем.
- Изложить подход правительства по реализации новых и их объединению с имеющимися радионавигационными системами.
- Обеспечить информацию о планировании и графике работы государственной радионавигационной системы.
- Отметить и разъяснить проблемы двойного (гражданского и военного) использования радионавигационной системы.

В ФРП охвачены радионавигационные системы двойного назначения федеральной принадлежности

и не рассматриваются системы, которые в основном выполняют функции обзора и связи, а также системы, находящиеся в исключительном ведении военных.

В ФРП представлены следующие системы:

- GPS;
- функциональные дополнения GPS;
- Лоран-С;
- ВОР и ВОР/ДМЕ;
- ТАКАН;
- системы посадки по приборам (ИЛС);
- микроволновые системы посадки (МЛС);
- аэронавигационные ненаправленные маяки (приводные радиостанции, ПРС).

### **Политика правительства США в области радионавигации имеет целью:**

- Усиление и обеспечение национальной безопасности.
- Обеспечение безопасности путешествий.
- Содействие эффективной работе транспорта.
- Содействие увеличению объема перевозок и повышению мобильности.
- Содействие защите окружающей среды.
- Способствование экономическому росту, развитию торговли и повышению производительности труда в США.

**Властные структуры, обеспечивающие радионавигационные службы.** Министерство транспорта (МТ) согласно статье 49 Свода законов США, раздел 101, отвечает за обеспечение безопасной и эффективной работы транспорта. Радионавигационные системы играют очень важную роль в решении данной задачи. Радионавигационные системы эксплуатируются тремя гражданскими федеральными ведомствами. Это Федеральная авиационная администрация (ФАА), Корпорация по развитию судоходства по реке Святого Лаврентия (SLSDC) и Береговая охрана (БО) США, которая сейчас входит в структуру МВБ.

Хотя Береговая охрана США сейчас относится к МВБ, ее обязанности по введению в действие, обслуживанию и эксплуатации технических средств для осуществления навигации, включая требования 14-го Свода законов США, §81, остаются в полной силе. Помощник министра транспорта по транспортной политике (OST/P) отвечает за координацию планирования радионавигации внутри МТ и с другими гражданскими федеральными властями.

Береговая охрана США создает технические средства для навигации с целью обеспечения безопасной и эффективной морской навигации. ФАА отвечает за разработку и развертывание радионавигационных систем для удовлетворения потребностей в безопасной и эффективной воздушной навигации, а также за управление всей гражданской и военной авиацией в рамках Национальной системы организации воздушного пространства (NAS). ФАА также отвечает за эксплуатацию технических средств воздушной навигации, необходимой согласно действующим международным соглашениям. SLSDC

обеспечивает технические средства навигации в водах США по реке Святого Лаврентия и эксплуатирует Систему организации движения судов совместно с Корпорацией по развитию судоходства по реке Святого Лаврентия Канады.

В планировании радионавигационных систем участвуют также некоторые структуры МТ. К этим структурам относятся Управление торгового флота (MARAD), Федеральное управление шоссейных дорог (FHWA), Управление совместных программ по интеллектуальным транспортным системам (ITS-JPO), Федеральное управление железных дорог (FRA), Национальное управление по безопасности движения на автострадах (NHTSA), Федеральное управление по пассажирским перевозкам (FTA), Федеральное управление по безопасности автотранспорта (FMCSA) и Управление по исследованиям и новейшим технологиям (RITA). Другие федеральные структуры также принимают участие в планировании систем радионавигации. К ним относятся МВБ, Национальное агентство по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) и Национальная геодезическая служба/Национальное управление по исследованию океана и атмосферы/Министерство торговли (NGS/NOAA/DOC).

Министерство обороны (МО) отвечает за разработку, испытание, сертификацию, развертывание, эксплуатацию и обслуживание технических навигационных средств и пользовательского оборудования, необходимых исключительно для обеспечения национальной безопасности.

МО также отвечает за то, чтобы военные транспортные средства эксплуатировались согласованно с гражданскими транспортными средствами, имеющими аналогичные навигационные возможности.

Согласно 10-му Своду законов США 2281 (b) (см. ссылку 1) МО также должно обеспечить развертывание и эксплуатацию Службы стандартного местоопределения объектов (SPS) системы GPS для мирных гражданских, коммерческих и научных применений, непрерывно в глобальном масштабе без взимания прямой оплаты с пользователей.

МО также должно обеспечить развертывание и эксплуатацию службы точного местоопределения объектов (PPS) системы GPS. В сопроводительном документе, который называется «Федеральные радионавигационные системы» (ФРС) (ссылка 4), подробно описаны задачи и обязанности государственных ведомств.

**Основные факторы при выборе РНС.** При выборе состава радионавигационных систем федерального уровня необходимо учитывать различные факторы. К этим факторам относятся эксплуатационные, технические, экономические, специальные, спектр радиочастот, интересы национальной безопасности и международные параметры. К важным техническим параметрам относятся точность, целостность, охватываемая территория, непрерывность, готов-

ность, надежность и спектр радиочастот системы. Некоторые уникальные параметры, например, работоспособность при наличии помех, относятся в основном к военному сектору, но могут влиять и на готовность к работе гражданских систем.

Необходимо также учитывать имеющиеся капиталовложения в наземное и пользовательское оборудование. В некоторых случаях могут действовать международные обязательства, которых необходимо придерживаться либо изменить при условии взаимного удовлетворения всех заинтересованных сторон.

В большинстве случаев эксплуатируемые в настоящее время системы разрабатывались для удовлетворения различных потребностей пользователей. Это привело к появлению большого числа радионавигационных систем и было движущей силой выполнявшегося в то время планирования радионавигации. Первая редакция ФРП была опубликована с целью планирования совместной работы по сочетанию радионавигационных систем и способствованию увеличению срока службы этих систем. В нем описывалась методика выбора радионавигационных систем для использования в будущем. Первые редакции ФРП, включая издание 1984 года, отражали этот подход с небольшими модификациями для учета временной последовательности событий. К 1986 году стало очевидным, что итоговые рекомендации по будущему составу радионавигационных систем были плохо продуманы и требуется внести значительные изменения в график принятия в эксплуатацию и в срок службы различных систем.

Поэтому было принято решение, что, начиная с ФРП 1986 года, обновленные и исправленные рекомендации по будущему составу радионавигационных систем должны включаться в каждое очередное издание ФРП. ФРП 2005 года отражает основные приоритеты развития по политике спутникового местоопределения, навигации и синхронизации, динамичную радионавигационную технологию, изменения пользователей, бюджетные соображения, международные программы и пожелания и отклики с конференций пользователей систем радионавигации, спонсируемых МТ и МО. После образования Министерства внутренней безопасности МТ и МО продолжают поддерживать текущие рабочие связи с Береговой охраной США согласно Меморандуму о договоренности.

На этапе окончательного анализа предоставление государством услуг согласно требованиям пользователей зависит от выделенных объемов финансирования соответствующих законов и постановлений Конгресса, а также от установленных внутри ведомств приоритетов развития отдельных программ.

Если после надлежащего анализа и изучения проблемы окажется, что экономическая целесообразность эксплуатации конкретной системы или технических средств является незначительной, то эксплуа-

тирующее данную систему министерство уведомляет об этом соответствующие федеральные ведомства и общественность; для этого предложения об отмене соответствующей службы или системы публикуются в Федеральном регистре.

**Позиция МО.** Выбор Министерством обороны радионавигационных систем определяется в основном эксплуатационными характеристиками. Точная информация координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО) является основным условием для множества систем и боевых заданий. При проведении военных операций крайне важно, чтобы службы КВНО были доступны и обеспечивали наивысшую возможную надежность и достоверность результатов. Параметры этих служб должны соответствовать либо превышать требования боевых заданий. Чтобы удовлетворить таким требованиям боевого задания, военные операторы могут использовать сочетание независимых автономных систем КВНО с внешними корректирующими системами при условии, что такие системы можно сертифицировать непосредственно по действующим стандартам МО WGS-84 (Всемирная геодезическая система 1984) и UTC (всеобщее скоординированное время) USNO (Военно-морской обсерватории США). Только сертифицированные в МО системы КВНО могут использоваться для боевых действий, поддержки боевых действий и в тыловых службах обеспечения боевых действий. Ниже перечислены некоторые из факторов, учитываемых при выборе военных радионавигационных систем:

- Гибкость при адаптации к новым боевым системам и технологии.
- Устойчивость к воздействию преднамеренных либо случайных радиопомех.
- Взаимодействие с системами МО и системами союзников для поддержки совместных операций.
- Высокая точность данных положения и времени относительно систем общей системы координат и шкалы времени для поддержки стратегических и тактических операций.
- Доступность альтернативных средств для местоопределения, навигации и синхронизации.
- Требования к мобильности во всемирном масштабе.
- Совместимость с гражданскими системами и операциями.
- Совместимость гражданских и военных систем.

Воздушные суда, транспортные средства и корабли МО работают в гражданском окружении. Соответственно они могут использовать гражданские системы КВНО в рамках выполнения миротворческих операций МО при условии, что эти системы соответствуют техническим условиям Международной морской организации (ИМО), Международной организации гражданской авиации (ИКАО) или ФАА. Гражданские системы КВНО не предназначены для использования в боевых действиях, для поддержки боевых действий и в тыловых службах обес-

печения боевых действий. В некоторых случаях возможна существенная экономия средств за счет развертывания общих гражданских/военных систем.

**Технические факторы.** При оценке будущих перспектив радионавигационных систем учитываются следующие технические факторы:

- Уровень принимаемого сигнала.
- Доступность спектра частот.
- Эффекты многолучевого распространения радиоволн.
- Точность сигнала.
- Обнаружение сигнала и непрерывность его отслеживания.
- Достоверность сигнала.
- Готовность систем.
- Непрерывность сигнала.
- Динамические эффекты в транспортном средстве.
- Зона охвата сигналами.
- Влияние шумов.
- Распространение сигнала.
- Восприимчивость к естественным и искусственным радиочастотным помехам (ЭМС).
- Требования к установке.
- Воздействие на окружающую среду.
- Проектирование с учетом человеческого фактора.
- Надежность.

**Уязвимость РНС.** В заключительном отчете Комиссии президента США по защите критической инфраструктуры сделан вывод, что службы и приложения GPS восприимчивы к различным типам радиочастотных помех и что необходимо тщательно изучить воздействие такой уязвимости на гражданские транспортные приложения. В результате публикации этого отчета Директива президента США №63 дала Министерству транспорта следующие указания:

Министерство транспорта при поддержке Министерства обороны должно выполнить тщательную оценку степени уязвимости национальной транспортной инфраструктуры, которая основана на системе глобального местоопределения GPS. В процессе этого исследования следует спонсировать независимые комплексные оценки степени рисков для гражданских пользователей систем на основе GPS, учитывая влияние принятых решений об окончательной архитектуре модернизированной Национальной системы организации воздушного пространства (NAS).

Центр Volpe по национальным транспортным системам (Центр Волпе) выполнил такие исследования и установил степень уязвимости GPS и потенциальное влияние этой уязвимости на системы навигации воздушного, морского, железнодорожного, автомобильного транспорта, а также на системы без местоопределения. Заключительный отчет [3] был опубликован и доступен для просмотра на Интернет-сайте Береговой охраны США по адресу [www.navcen.uscg.gov](http://www.navcen.uscg.gov). Основной вывод отчета заключается в том, что GPS уязвима для гражданских

пользователей национальной транспортной инфраструктуры. В отчете также указано, что по мере необходимости следует принять соответствующие меры для развертывания резервных систем.

В отчете Центра Волпе предложено несколько основных рекомендаций по улучшению защищенности и эффективности национальной транспортной инфраструктуры с одновременным сохранением уровня безопасности за счет развертывания резервных систем и рабочих процедур на случай выхода из строя службы GPS. Министр транспорта принял приведенные в отчете рекомендации и потребовал, чтобы руководитель каждого вида транспорта разработал планы по снижению опасностей, связанных с возможным выходом из строя службы GPS.

В политике спутникового местоопределения, навигации и синхронизации США на 2004 год указывалось, что GPS должна развертываться и поддерживаться как компонент одного из многочисленных секторов критически важной инфраструктуры США, что следует из Директивы Президента США о внутренней безопасности №7. Там же указаны области ответственности по поиску и устранению источников радиопомех. Компенсация возможных перерывов в работе спутниковых служб навигации обсуждается в разделе 3.3.

**Возмещение расходов за предоставление радионавигационных услуг.** Согласно общим принципам политики и закону о плате за пользование (31-й кодекс законов США (U. S. C.), 9701) правительство США компенсирует расходы федеральных властей на предоставление услуг для блага определенных групп пользователей. Очень сложно измерить или оценить степень использования действующих федеральных систем радионавигации отдельными пользователями или группами пользователей, следовательно, очень сложно распределить прямые затраты по пользователям. Компенсация расходов на службы радионавигации осуществляется либо от общих собираемых налогов, либо из фондов транспортных служб, которые обычно финансируются за счет косвенных платежей пользователей. Что касается GPS, закон о политике США в области спутникового местоопределения, навигации и синхронизации 2004 года указывает, что гражданские службы GPS и дополнения к GPS должны предоставляться без взимания прямой платы с конечных пользователей. Что касается национальной сети дифференциальной GPS (NDGPS), публичный закон 105-66, раздел 346 предоставляет Министру транспорта право управлять сетью NDGPS и эксплуатировать ее и гарантирует, что эта служба предоставляется без расчета какой-либо платы пользователя.

**Доступность сигналов РНС.** Для безопасной навигации очень важна круглосуточная доступность точных навигационных сигналов. Однако с другой стороны, гарантированное присутствие оптималь-

ных высококачественных сигналов может снизить уровень национальной безопасности, поэтому необходимо предусмотреть резервные планы на экстренный случай. Национальная политика США заключается в том, что все радионавигационные системы, эксплуатируемые правительством США, должны оставаться доступными для использования в мирных целях, однако в случае войны или угрозы национальной безопасности Президент может издать специальный указ об особом порядке эксплуатации.

Для снижения возможных перебоев в работе службы и предотвращения ситуаций, создающих угрозу безопасности или эффективному использованию GPS, любое государственное ведомство, которому нужно выполнить проверку уровня помех (например, за счет передачи) в используемом GPS частотном спектре должно согласовывать свои действия с Бюро по планированию и управлению спектром ФАА. Бюро по планированию и управлению спектром ФАА координирует все операции по испытанию помехоустойчивости в GPS, чтобы обеспечить минимальное негативное влияние на выполнение критически важных задач, не участвующих в таких испытаниях отделов и служб МО и МТ. МО является основным федеральным ведомством, которое выполняет запланированные испытания помех на частотах систем GPS. Генеральный штаб публикует инструкции по координированию испытаний к устойчивости в условиях электронных атак на этих частотах. В настоящее время МВБ совместно с МО и МТ и при участии других министерств и ведомств осуществляет координацию использования федеральных средств и ресурсов для идентификации, нахождения и устранения на территории США всех помех, которые могут отрицательно влиять на GPS и расширения этой системы.

## GPS

GPS рассматривается как многопользовательская спутниковая радионавигационная система, принадлежащая Правительству США и эксплуатируемая Министерством обороны для соблюдения интересов национальной и внутренней безопасности, а также удовлетворения гражданских, коммерческих и научных потребностей. Согласно политике США в области КВНО создан новый Исполнительный комитет национальной спутниковой КВНО (Национальный PNT EXCOM), который совместно возглавляют заместители Министров обороны и транспорта. Национальный Исполнительный комитет PNT EXCOM принимает рекомендации для министерств и ведомств, которые являются его членами, а также для Президента с помощью представителей Исполнительного управления Президента США, разрабатывает и координирует все стратегические решения относительно стратегии, архитектур, требований и размещения ресурсов для системы GPS и ее рас-

ширения. Функции комитета заключаются в том, чтобы при принятии решений в министерствах полностью учитывались интересы национальной безопасности, внутренней безопасности и потребности гражданского населения. Эта новая структура предназначена для надлежащего учета гражданских и военных потребностей и интересов при дальнейшей разработке и модернизации системы GPS. Национальный исполнительный комитет PNT EXCOM заменил межведомственный исполнительный совет по GPS.

Система GPS предоставляет два уровня услуг: Услугу стандартного местоопределения объектов (SPS), в которой используется открытый код (C/A) на частоте L1, и услугу точного местоопределения объектов (PPS), в которой используется код P (Y) на двух частотах L1 и L2. Доступ к службе PPS ограничен и предоставляется только вооруженным силам США, федеральным ведомствам США и некоторым вооруженным силам и правительствам союзников.

Эти ограничения обусловлены соображениями национальной безопасности США. Служба SPS доступна для всех пользователей в непрерывном режиме глобально по всему миру, и она предоставляется бесплатно без прямой оплаты от пользователей.

Конкретные возможности, предоставляемые службой SPS, опубликованы в стандарте функционирования службы стандартного местоопределения системы глобального местоопределения [4] и доступны для просмотра на Интернет-сайте Береговой охраны США.

Национальное агентство геокосмической разведки (NGA) методом постобработки данных GPS устанавливает точные эфемериды, которые МО считает истинными. NGA эксплуатирует глобальную сеть из 11 станций слежения GPS, географически расположенных так, чтобы дополнить станции слежения Военно-воздушных сил.

Станции NGA имеют хорошую систему управления с достаточным запасом надежности и избыточности основных узлов оборудования и обеспечивают данные очень высокого качества. NGA также обеспечивает сигналы для местоопределения, навигации и синхронизации. Описание сигналов GPS от NGA можно найти в Интернете по адресу <http://earth-info.nga.mil/GandG/sathtml>.

Правительство США решило, что для некоторых гражданских применений необходимы два дополнительных кодированных гражданских сигнала. Второй гражданский сигнал будет введен на частоте GPS L2 и обозначается как L2C. Третий гражданский сигнал будет введен на частоте 1176,45 МГц для удовлетворения потребностей, важных для безопасного жизнеобеспечения, например, для гражданской авиации. Третий гражданский сигнал обозначается как L5.

Система GPS в обозримом будущем будет основной радионавигационной системой, предоставляемой на федеральном уровне.

Система GPS будет дополняться и улучшаться для удовлетворения будущих требований военного и гражданского секторов к точности, покрытию, доступности, непрерывности и целостности сигнала.

Модернизация GPS является многоэтапным процессом, который должен выполняться на протяжении следующих 15 или более лет. Новые планируемые сигналы улучшат возможности GPS по поддержке гражданских пользователей и предоставят новые военные коды. Первым новым сигналом будет сигнал с новым гражданским кодом на частоте L2 (1227,60 МГц). Этот сигнал, обозначаемый L2C, позволит двухчастотным кодовым приемникам выполнять коррекцию ионосферной ошибки. Третий гражданский сигнал будет также добавлен на частоте L5 (1176,45 МГц) для удовлетворения потребностей, важных для жизнеобеспечения, и для других соответствующих применений. L5 может использоваться в качестве дополнительного сигнала к сигналу на частоте GPS L1 (1575,42 МГц) с целью обеспечения непрерывности службы, а в потенциале — и для повышения точности захода на посадку для авиационных пользователей. Кроме того, на частотах L1 и L2 будет передаваться защищенный и спектрально разделенный военный код (M-код). Первый запуск спутника с возможностью передачи сигнала L2C запланирован на 2005 год, а первый запуск спутника с возможностью передачи сигнала L5 — на 2007 год. Планируется, что на орбитах примерно к 2013 году будет находиться двадцать четыре спутника, способных передавать сигнал L2C, а 24 спутника с возможностью передачи сигнала GPS L5 будут выведены на орбиту примерно к 2015 году. Перед объявлением полной эксплуатационной готовности (Full Operational Capability — FOC) будут обеспечены не все эксплуатационные характеристики новых гражданских сигналов, и пользователи могут использовать эти сигналы под свою ответственность.

## ДОПОЛНЕНИЯ GPS

### Национальная сеть дифференциальной GPS (NDGPS)

Сеть NDGPS обеспечивает повышение точности и целостности сигнала системы GPS с помощью опорных наземных станций, которые передают корректирующие сообщения. Морская часть сети NDGPS обеспечивает услуги для покрытия побережья континентальной смежной части США (CONUS), Великих озер, Пуэрто Рико, участков Аляски и Гавайских островов и участков бассейна реки Миссисипи. США расширяют сеть NDGPS для покрытия всех участков наземной территории США для удовлетворения потребностей всех сухопутных пользователей.

### Широкозонная дополняющая система (WAAS)

Широкозонная система WAAS является спутниковой системой функционального дополнения (SBAS), ее эксплуатирует ФАА. Эта система обеспечивает навигацию воздушных судов во время вылета, полета по маршруту, прибытия и захода на посадку. Система WAAS также используется в рамках инициатив ФАА по повышению безопасности, производительности и эффективности. Эти инициативы подразумевают более широкое использование аэрокосмических служб повышенной точности и лучший контроль за ситуацией во время наземных операций. Система WAAS также используется во многих других гражданских приложениях.

### Национальная система непрерывно работающих опорных станций (CORS)

Национальная система непрерывно работающих опорных станций CORS — это дополнение системы GPS, управляемое Национальной администрацией по океану и атмосфере США (NOAA), которая архивирует и распространяет данные GPS для точного местоопределения и приложений моделирования атмосферных процессов.

Она служит основой для Национальной космической опорной системы небесных координат, которая определяет высокоточные координаты для всех федеральных навигационных систем для территории CONUS. Исторически CORS обслуживала постобработку данных измерений GPS, но она была модернизирована для поддержки пользователей в реальном масштабе времени с аналогичным уровнем точности.

### Глобальная дифференциальная GPS (GDGPS)

GDGPS — это высокоточное дополнение системы GPS, разработанное в Лаборатории реактивного движения (JPL) Калифорнийского технологического института с целью обеспечения местоопределения и синхронизации в реальном масштабе времени и удовлетворения требований к точности определения координат в рамках научной программы НАСА. Система GDGPS предоставляет измерения в реальном и в близком к реальному масштабе времени. Следующие измерения общедоступны для обществу: необработанные данные от следящей сети GDGPS (каждый час), высоты морской поверхности от спутника океанической высотометрии Jason (приблизительно каждые 3 часа), картины глобального распределения полного содержания электронов в ионосфере (в реальном масштабе времени) и, наконец, состояние созвездий GPS, метрики глобальных характеристик и оценка ситуации (в реальном масштабе времени).

Дополнительную информацию можно посмотреть на сайте GDGPS в Интернете: <http://www.gdgps.net>.

Система GDGPS также передает данные в Международную службу GNSS (Глобальная навигационная спутниковая система) (IGS). IGS является службой, которая предоставляет данные и измерения высочайшего качества для исследований в области земледелия, межатраслевых научных приложений и образования, а также для использования в других приложениях на благо общества. Служба IGS придерживается политики обеспечения открытых данных и равноправного доступа.

### Лоран-С

Лоран-С – это самостоятельная гиперболическая радионавигационная система, которая обеспечивает горизонтальное покрытие территории 48 смежных штатов, их побережий, большей части Аляски к югу от горного массива Брукс. Она обеспечивает услуги местоопределения, навигации и синхронизации для воздушных, наземных и морских пользователей.

Правительство продолжает эксплуатировать систему Лоран-С в краткосрочной перспективе и обсуждает вопрос о долгосрочной необходимости в такой системе. Если в результате анализа ситуации будет принято решение о снятии системы Лоран с эксплуатации, то не менее чем за шесть месяцев перед прекращением работы этой службы общественности будет сделано соответствующее уведомление.

### ВОР/ДМЕ

ВОР/ДМЕ обеспечивает пользователей средствами воздушной навигации в национальном воздушном пространстве. ВОР/ДМЕ продолжит обеспечивать навигацию для этапов от полетов по маршруту до некатегорированных заходов на посадку на весь период перехода на навигацию спутникового базирования. ФАА планирует сократить службы ВОР/ДМЕ, работающие в национальном воздушном пространстве.

### ТАКАН

ТАКАН – тактическая аэронавигационная военная система – эквивалент гражданских ВОР/ДМЕ, работающая совместно с гражданскими станциями VOR. В настоящее время ФАА и МО эксплуатируют 746 (573 системы ФАА и 173 системы МО) систем для военных полетов. Планируемая дата начала вывода из эксплуатации по завершении полного перехода на космическую навигацию – 2010 г.

### Системы посадки по приборам ILS (ИЛС)

Стандартная гражданская система точного захода на посадку защищена Соглашением ИКАО до 1.01.2010 г. В национальном воздушном пространстве ФАА эксплуатирует 1077 систем, 99 из них – системы II и III категории. Кроме того, МО эксплуатирует еще 165 ILS в США. Вывод из эксплуатации ILS I категории начнется в 2010 г. Системы II и III категорий выводятся из эксплуатации пока не планируется.

## Микроволновые системы посадки MLS (МЛС)

В США не предполагается дополнительная разработка гражданских систем MLS.

### Приводные радиостанции (ПРС)

ФАА эксплуатирует свыше 700 ПРС. В следующем десятилетии их число будет постепенно сокращаться. Помимо этого есть примерно 200 военных ПРС и 800 ПРС, находящихся в нефедеральной эксплуатации. По предположениям ФАА, ПРС начнут сниматься с эксплуатации с 2010 г. Те ПРС, которые используются для местоопределения с АРК при заходе на посадку по приборам, будут сохранены до снятия с эксплуатации соответствующих систем ILS. Для Аляски существует отдельный план перехода.

Планами эксплуатации радионавигационных систем предусмотрен постепенный вывод из эксплуатации средств воздушной радионавигации наземного базирования. Так, действующая сеть – 1012 станций ВОР/ДМЕ, 1077 ILS, 750 ПРС – переходит в промежуточное состояние, когда на 30% сокращается количество ВОР/ДМЕ и ILS, а большая часть ПРС остается в поддержку ILS. На 3-м этапе предполагается иметь сеть минимального эксплуатационного уровня, когда сохраняются наземные средства навигации для маршрутной навигации и инструментальных операций в аэропортах НВП с высокой нагрузкой. Это примерно 1400 аэропортов с заходом на посадку по ВОР или ILS, 600 ВОР/ДМЕ, 500 ILS и 280 ПРС.

Завершается первый документ описанием основных направлений исследований и разработок для реализации ФРП.

Второй документ «Федеральные радионавигационные системы» содержит расширенные уточненные требования различных потребителей (космических, воздушных, морских и речных, сухопутных и др.) к РНС и более подробные описания РНС, включенных в ФРП.

К особенностям этого документа нужно отнести достаточно подробные, но не очень формализованные требования космических потребителей, железнодорожного транспорта, а также требования определения точного времени и частоты, выдвигаемые службами синхронизации систем связи и энергетических объектов. Эти материалы будут далее использованы.

Необходимо отметить, что описание систем дополнено разделом, чего не было ранее, относящимся к навигационным информационным службам.

Навигационная информационная служба (НИС) БО США является оперативным подразделением Гражданской службы GPS, которая снабжает гражданских пользователей GPS информацией о ее состоянии. Она получает информацию от сегмента управления GPS, МО и других источников. Задачей навигационной информационной службы является сбор, обработка и своевременное распространение

радионавигационной информации о GPS, Лоран-С и DGPS, а также общую навигационную информацию для моряков.

Веб-сайт ([www.navcen.uscg.gov](http://www.navcen.uscg.gov)) НИС предоставляет пользователям информацию о политических изменениях и достижениях в радионавигационных системах, особенно GPS. Он занимается обменом данными между провайдерами системы и пользователями в части:

- автоматического распространения данных о статусе и отключениях GPS;
- сбора информации от пользователей для руководителей и операторов комитета по взаимодействию и GPS.

НИС выполняет следующие функции:

- выступает в качестве единого центра, в который неавиационные пользователи сообщают о проблемах с GPS;
- дает оперативную рекомендательную информацию;
- отвечает по телефону, письменно и по электронной почте;
- предоставляет общественности информацию о своих услугах;
- инструктирует по доступу и использованию имеющихся информационных служб;
- имеет учебные материалы, инструкции и справочники для распространения пользователям;
- регистрирует сообщения о GPS, ведет базу данных GPS и прочей информации;
- ведет библиографию публикаций по GPS;
- при необходимости оказывает для пользователей новые услуги.

Система информации о GPS для аэронавигации обеспечивает извещения об отключениях спутников GPS по общепринятой системе НОТАМ. НОТАМ представляют собой переформатированные рекомендательные извещения для пользователей НАВСТАР (NANU), которые выдаются главной станцией сегмента управления GPS (2-я эскадрилья космических операций ВВС). Данные об отключениях передаются в Офис НОТАМ США, который представляет собой объединенную службу МО и ФАА, как минимум за 48 часов до наступления планового события. Информация о неожиданных отключениях также по возможности скорее передается в этот Офис.

НОТАМ выдаются для использования внутри страны с идентификатором KGPS и для международного использования с идентификатором KNMH. К этой информации имеют доступ как гражданские, так и военные летчики.

При использовании GPS для аэронавигации в полетах по приборам нужно, чтобы система давала определения, когда спутник выходит за пределы допуска и не должен включаться в навигационное решение. Это обеспечивает автономный контроль целостности – алгоритм, встраиваемый в приемник GPS. Такой алгоритм или аналогичную функцию должны иметь все приемники, сертифицированные для навигации в полетах по приборам.

НОТАМ дают штурману информацию о возможностях использования системы автономного контроля целостности GPS при неточном заходе на посадку в заданном пункте назначения с учетом отключений спутников.

## Литература

1. Федеральный радионавигационный план США 2005 г.
2. U. S. Department of Transportation and U. S. Department of Defense, *Federal Radionavigation Systems, Final Report*, DOT/VNTSC/RSPA/01-3.1/DoD-4650.5, November 2001.
3. U. S. Department of Transportation, *Volpe Center, Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System*, September 2001.
4. U. S. Department of Defense, *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard*, October 2001.



**ЖУРНАЛ «НАВИГАЦИЯ»  
ИНСТИТУТА  
НАВИГАЦИИ США  
Том 53, № 2, лето 2006 г.**

**NAVIGATION  
JOURNAL OF THE INSTITUTE OF  
NAVIGATION**

**Vol. 53, No. 2, Summer 2006**

Журнал открывается статьей под заголовком «Упрощенный расчет долготы по возвышениям Луны». Описан простой метод наблюдения и вычисления долготы по лунному возвышению, не требующий последовательных аппроксимаций. Он отличается тем, что применяемые вычисления являются стандартными процедурами практической навигации, не требующими специальных таблиц и графиков.

В статье «Точное устойчивое местоопределение методом кинематических измерений в реальном времени с инерциальной поддержкой» предложен способ надежного определения местоположения с сохранением точности в моменты отсутствия сигналов GPS. Способ реализует интегрированную жестко связанную спутниково-инерциальную навигацию с оценкой и поиском в едином фильтре Калмана плавающих целых неопределенностей.

Следующая статья носит название «Влияние частоты выборки на рабочие характеристики приемника ГНСС». Современные цифровые навигационные приемники производят выборку аналогового сигнала на выходе фильтра промежуточной частоты и формируют цифровые следящие контуры. Синхронизация принимаемого и собственного кодов, необходимая для вычисления места пользователя, есть задача совмещения двух цифровых последовательностей. Важно осознать, что определенные соотношения частоты выборки и кодов могут привести к ухудшению точности. В предлагаемой статье на реальных данных демонстрируется влияние изменения частоты выборки на функцию корреляции и измерения псевдодалейностей.

В статье под заголовком «Анализ рабочих характеристик и доступности простого локального аэродромного монитора координат для широкозонной системы функциональных дополнений (WAAS)» описываются проведенные Федеральной авиационной администрацией США исследования возможности реализации локального аэродромного монитора WAAS с использованием системы бортового оборудования локальных систем функционального дополнения для прецизионной посадки самолетов по первой категории. При группировке GPS из 24 спутников прогнозируется доступность такого монитора над континентальной территорией США порядка 0,995 при вертикальном пределе тревоги 10 метров. При действующей космической

группировке и спокойной ионосфере этот метод дает на реальных коррекциях WAAS и локальных измерениях псевдодалейности доступность 100% без ложных срабатываний монитора.

В статье «Фильтр для оценки ориентации жесткого тела на основе кватерниона с одним настраиваемым параметром» представлены теория и результаты экспериментов по применению субоптимального дополнительного фильтра с постоянным коэффициентом усиления, разработанного для оценки ориентации произвольно расположенного тела без сингулярностей с непрерывной корректировкой смещения при использовании инерциальных/магнитных модульных датчиков. Фильтр может найти применение для точного слежения в реальном времени за ориентацией жестких тел в навигационных приложениях, робототехнике, вертолетостроении и пр.

В статье «Метод определения ориентации по изменениям фазы сигнала псевдоспутников» представлены новые алгоритмы определения ориентации, в которых сигналы псевдоспутников заменяют сигналы GPS в случае их блокирования. Требуется новая модель наблюдения, поскольку для сигналов псевдоспутников характерны сферические формы волны, которые гораздо ближе к антенне, чем сигналы GPS. Рассмотрены различные варианты алгоритмов и типы фильтров. Приведены результаты реального моделирования.

**ЖУРНАЛ GPS WORLD  
Январь, 2007 г.**

**GPS WORLD  
January, 2007**

В этом номере журнала под рубрикой «Инновации» помещена большая статья под заголовком «Инновации: есть вопросы?», которая сообщает о работе Международной службы ГНСС, созданной в 1994 году для целей сбора наиболее точной и качественной информации по ГНСС. В эту службу поставляют информацию свыше 200 организаций более чем из 80 стран, а также глобальная сеть из 370 двухчастотных станций GPS/ГЛОНАСС. Служба, построенная на добровольных началах, сотрудничает со многими геодезическими и навигационными организациями.

Статья «Точность ГНСС: ложь, проклятая ложь и статистика» является продолжением статьи, опубликованной в журнале в 1998 году и часто перепечатываемой. В заголовок вынесено известное изречение лорда Дизраэли, премьер-министра Великобритании в 1874–1880 гг.: «Есть ложь трех типов: ложь, проклятая ложь и статистика». В публикуемой статье рассказывается, как статистическими методами можно создавать разные показатели точности местоопределения. Со временем некоторые критерии точности потеряли свою актуальность, а другие получили более широкое распространение. Состав средств местоопределения также

# ЖУРНАЛ GPS WORLD

## Февраль, 2007 г.

**GPS WORLD**  
**February, 2007**

расширился и включает помимо GPS ГЛОНАСС, SBAS и Галилео. Если в конце прошлого века в соответствии с тогдашними потребностями точность определялась среднеквадратическим значением по вертикали,  $2drms$ ,  $rms$  3D и сферической вероятной ошибкой, то сейчас нередко используют показатели с вероятностными распределениями (например, ошибки с вероятностью 95%). Поскольку местоположение по ГНСС дается в трехмерном пространстве, связь между этими показателями неочевидна. В статье, как и в публикации 1998 года, дается сводная таблица показателей, в которой приведены круговая вероятная ошибка, среднеквадратическая радиальная ошибка, включены распределения ошибок с вероятностями 67% и 95%, а также 68% и 95% в плане. Даны подробные объяснения значения показателей, показана их взаимосвязь, и приведенная таблица позволяет переводить один критерий точности в другой.

В заметке под заголовком «Галилео гадает кто: государства ЕС хотят разместить Руководство» сообщается, что не менее одиннадцати государств хотели бы иметь на своей территории руководящий орган Галилео, который с 1 января 2007 г. должен прийти на смену Совместному предприятию Галилео (GJU). Совещания на уровне министров стран-участниц решения не выработали. Надежда — на заседание Транспортного Совета в феврале и на председательство Германии. По протоколу ЕС новые агентства должны располагаться в «новых» странах, то есть в основном в Восточной Европе.

В заметке «Открыто финансирование GPS III» сообщается, что конкурирующие фирмы Lockheed Martin Space Systems Inc. и Boeing Co получили почти по 50 млн долларов каждая по договору на завершение системного проектирования GPS III. Система GPS на основе спутников Блок III следующего поколения «будет отвечать вызовам изменяющихся военных и гражданских потребностей во всем мире, включая усовершенствованные возможности подавления помех и безопасность, точность и надежность».

Статья «Информация для специалистов — испытательный полигон Галилео» рассказывает о строительстве в Баварских Альпах комплекса для разработки и испытаний приемников, служб и применений спутниковой навигационной системы Галилео. Комплекс будет включать в себя четыре сегмента: передающий сегмент из шести наземных передающих станций, которые будут излучать все сигналы Галилео; контрольный сегмент из двух станций мониторинга и средств обработки для контроля навигационных сигналов, синхронизации времени и выработки навигационных сообщений и команд управления; сегмент управления на базе средств управления и контроля, сервера архивирования и информации для планирования задач; сегмент обеспечения на базе мобильного пользовательского терминала с приемником потребителей и лабораторией анализа сигналов. Полигон должен начать работу весной 2007 г. Дается подробное описание оборудования.

Под рубрикой «Инновации» помещена статья под заголовком «Стохастические модели для оценки точности местоопределения по GPS — эмпирический подход». При обработке данных измерений учитываются все воздействия на полученный результат. Постоянные или медленно меняющиеся эффекты считаются детерминистскими элементами, эффекты случайного порядка рассматриваются как стохастические. При обработке данных GPS моделируется как детерминистская часть, так и стохастическое поведение характеристик, которое оценивается с помощью матриц ковариаций. Авторы статьи предлагают новый, эмпирический подход к построению матрицы ковариаций наблюдений. Основной целью такого метода является наполнение матрицы реалистичной информацией, оцененной методом стохастического анализа необработанных данных.

В статье «Готовы принимать: разработка профессиональной антенны для Галилео» авторы задаются вопросом, может ли многополосная антенна обеспечить прием сигналов на всех несущих частотах, используемых в современной системе ГНСС, или появление Галилео потребует внедрения истинно широкополосной технологии. Механическая и, как следствие, электрическая симметрия такой комбинированной антенны GPS+Галилео должна гарантировать стабильность фазового центра в направлении прихода сигнала, что необходимо для обеспечения геодезического уровня рабочих характеристик. Авторы рассматривают относительные достоинства разных антенных технологий и дают детальный анализ приемлемых вариантов.

В разделе «Системы» помещена заметка под заголовком «Радикальные изменения для ГЛОНАСС». В ней изложены некоторые соображения по результатам совещания Рабочей группы по взаимодействию и совместимости GPS — ГЛОНАСС, которое прошло в середине декабря 2006 г. В протоколе о намерениях, принятом на совещании, говорится: «Обе стороны отметили, что касательно вопроса использования частотного и кодового уплотнения каналов был достигнут значительный прогресс в понимании преимуществ для сообщества потребителей использования единого подхода». Означает ли это, что российская космическая система перейдет на кодовое уплотнение сигналов? Неизвестно. Декабрьское совещание было третьим по счету и характеризуется как весьма успешное и решившее многие вопросы совместимости

GPS и ГЛОНАСС. На сентябрьском совещании Института навигации США один из известных специалистов космической навигации России высказался, что ГЛОНАСС, возможно, сможет реализовать сигналы с кодовым уплотнением на новой, третьей частоте на спутниках ГЛОНАСС-К на третьем этапе модернизации ГЛОНАСС. Работа приемников в режимах GPS и Галилео проще осуществляется с кодовым уплотнением. Переход ГЛОНАСС на кодовое уплотнение позволит разработчикам и изготовителям приемников комбинировать их еще успешнее.

Заметка «Суд над Лоран» сообщает об организованном Министерством транспорта США открытом обсуждении системы «Лоран». Рассматриваются три варианта решений по инвестициям: закрытие «Лоран», поддержание системы «Лоран-С» в ее нынешней конфигурации и создание полностью развернутой усовершенствованной системы «Лоран» — «е-Лоран».

## ЖУРНАЛ GPS WORLD

Март, 2007 г.

GPS WORLD

March, 2007

Основной темой этого номера журнала стало обсуждение будущего системы «Лоран». Под рубрикой «Системы» опубликован материал за подписью президента Радиотехнической комиссии морских служб (RTCM). Эта комиссия представила отзыв о системе «Лоран», изучив мнения более чем 900 организаций и индивидуальных пользователей. Совет директоров RTCM выработал позицию в поддержку «Лоран-С» и ее модернизации по стандартам «е-Лоран». В документе изложены аргументы в пользу «Лоран»: необходимость поддержки и дополнения ГНСС, наличие большого количества потребителей, наличие системы в Европе, Азии, на Ближнем Востоке. Далее в рубрике приводится письмо-комментарий одной из фирм — телекоммуникационной компании Sprint Nextel Corp., которая также всесторонне поддерживает систему «Лоран-С» и призывает Правительство США ни при каких обстоятельствах не прекращать развертывание системы «е-Лоран».

Под рубриками «На переднем фронте» и «Совет эксперта» также приведены мнения в пользу системы «Лоран». Приводится ссылка на сайт, на котором размещено порядка 918 комментариев на тему; из них примерно 850 резко выступают в пользу «е-Лоран». Эксперт, проработавший в системе GPS около 40 лет, выступает в поддержку «е-Лоран». При ее использовании целесообразно объединять всю информацию посредством соответствующей обработки.

## ЖУРНАЛ «ГНСС ИЗНУТРИ» Январь/февраль 2007 г.

INSIDE GNSS

January/February 2007

Этот номер журнала открывается статьей «Пешеходная навигация: гибридизация MEM и GPS». Группа авторов из Швейцарии предложила модель передвижения пешеходов, с помощью которой удалось уточнить работу инерциальных микроэлектромеханических датчиков внутри помещений вне зоны действия ГНСС.

В статье «Разработка самой маленькой в мире интегрированной навигационной системы для малых летательных аппаратов» описывается микроскопическая навигационная система, разработанная и построенная сотрудниками Технического университета Брауншвейга (Германия) для очень небольших беспилотных летательных аппаратов.

В статье «Применение GPS для поиска в бортовой морской поисковой системе» описана система, разработанная для поиска и спасения на море. Она обладает особыми характеристиками навигации управления полетом и использует разнообразные средства обзора.

В разделе «Решения ГНСС» помещена статья из двух разделов под заголовком «Как насчет наблюдений ГНСС и вариантов интегрирования ГНСС/ИНС?». В первой части подробно рассматривается проблема взвешивания наблюдений ГНСС. Во второй части анализируется разница между понятиями свободного, жесткого, сверхжесткого и глубокого интегрирования. К статье прилагается список рекомендуемой литературы.

Авторы статьи под заголовком «Предвидя будущую ГНСС как систему систем» рассуждают о том, что никто не знает, когда остановится процесс появления новых ГНСС. Но когда в конце концов все глобальные и региональные системы и функциональные дополнения сложатся, они должны будут работать вместе для реализации единой технологии и оправдания инвестиций. Авторы размышляют о том, как это может произойти.

Под рубрикой «Мысли вслух» главный редактор журнала Глен Гиббонс поместил заметку под заголовком «Китайский синдром». Официальное сообщение о создании Китаем спутниковой навигационной системы Бейду («Компас») вызвало волну дискуссий и предположений. Ограниченность информации позволяет строить лишь догадки. Будет ли эта система региональной и, следовательно, иметь ограниченное значение или глобальной навигационной спутниковой системой с вытекающими отсюда последствиями и амбициями государства? Исходя из логики политических и экономических действий Китая, автор статьи склоняется к выводу, что Китай планирует глобальную систему и возлагает на Бейду такие же надежды, как и Европа

на Галилео. Поэтому очень важен вопрос, насколько Китай готов следовать общим принципам взаимодействия с другими операторами ГНСС. Хорошим знаком является то, что Китай с готовностью присоединился к созданной под эгидой ООН Международной комиссии по ГНСС (ICG). Это вселяет надежду на то, что при создании системы будут общие дискуссии.

Под рубрикой «Новости на 360°» помещены две статьи. В первой под заголовком «Галилео: справиться с изменениями, Китаем и вызовами» глава отдела Галилео генерального директората транспорта и энергетики Европейской Комиссии Пол Верхоеф рассказывает о работе по программе Галилео. До сих пор не готов договор на концессию по управлению Галилео, однако срок его действия будет составлять 20 лет, поэтому документ должен готовиться тщательно и процесс нельзя ускорять. Очень важен вопрос разделения рисков и юридической ответственности, лицензирования и прав на интеллектуальную собственность. Что касается Китая, то партнер в прошлом сейчас воспринимается больше как конкурент. По мнению Верхоефа, при создании коммерческой службы ГНСС нужно иметь рынки по всему миру. Поэтому нужно политическое принятие Галилео за пределами ЕС, и Китай в этом смысле является важным стратегическим партнером. Если же Китай намерен создавать собственную ГНСС, необходимо обеспечить взаимодействие двух систем.

Вторая заметка носит название «ГЛОНАСС ждет коммерческое будущее». В ней отмечается, что Россия демонстрирует серьезные намерения не только восстановить космическую группировку ГЛОНАСС, но и развивать гражданское направление и коммерческие рынки. Большое внимание уделено возможности ввода кодового уплотнения каналов в ГЛОНАСС наряду с используемым частотным уплотнением. Говорится о подготовке к выпуску цифровых топографических карт страны для пользования современными навигационными системами. Заметка заканчивается сообщением о большом Международном форуме спутниковой навигации, который пройдет в Москве 9–10 апреля с.г.

## **БЮЛЛЕТЕНЬ «НОВОСТИ ИНСТИТУТА НАВИГАЦИИ США» Том 16, № 3, осень 2006 г.**

**NEWSLETTER OF THE INSTITUTE OF  
NAVIGATION**

**Vol. 16, No 3, Fall 2006**

Этот выпуск бюллетеня открывается заметкой под заголовком «Закрытие NDGPS». В ней сообщается, что на 2007 финансовый год бюджетом не предусмотрено финансирование этой системы, хотя она продолжит работу за счет перехода средств с 2006 года. Передача про-

граммы из Федерального управления железных дорог в новое Управление инновационных технологий плохо отразилась на финансировании системы. По бюджету на 2007 год не предусмотрено строительство новых станций и выделено 2 млн долларов на закрытие программы. Если Конгресс не вмешается и Администрация не изменит планы, в октябре 2007 года система NDGPS будет выключена. Федеральное управление железных дорог в настоящее время разворачивает новую систему контроля поездов. Наиболее активные пользователи системы NDGPS – фермеры. Однако сельское хозяйство не является критичной областью применения и поэтому не может противостоять тем, кто отрицает необходимость общественной службы на основе NDGPS. При отсутствии финансирования эксплуатации в 2008 году Береговая охрана США будет продолжать работать на 40 станциях морского базирования и возьмет под свой контроль 9 станций на территории США.

В заметке «Китай объявляет планы собственной ГНСС» сообщаются сведения, опубликованные в октябре 2006 г. информационным агентством КНР «Синьхуа» о полном развертывании системы Бейду («Компас») из пяти геостационарных и 30 среднеорбитальных навигационных спутников. По сообщениям, система будет иметь два уровня обслуживания: открытый коммерческий канал с точностью местоопределения 10 метров и точностью времени 50 нс и «защищенный» канал, по всей вероятности, аналогичный каналу PRS Галилео и военным каналам GPS. Подавая заявку в МСЭ на частоты в 2004 году, КНР заявила о завершении создания системы в 2010 году. По заявке получается, что сигналы будут перекрывать сигналы GPS и Галилео в частотных диапазонах L1 и L2. Проект Бейду – одна из 12 приоритетных космических программ Китая.

Заметка «Видение 2025 года: США запускают планирование архитектуры PNT» рассказывает о работе Офиса космической национальной безопасности МО по развертыванию обсуждения различными отраслями национальной экономики задач PNT (местоопределение, навигация и синхронизация или координатное и навигационно-временное обеспечение) по следующим направлениям: оценка долгосрочной потребности потребителей отрасли в PNT, видение совершенствования возможностей PNT, необходимые стандарты, новые технологии для поддержки PNT, каким представляется выигрыш от внедрения PNT, что нужно для поддержания функционирования службы в случае отказа PNT и какова должна быть в этом случае реакция организаций-поставщиков услуг PNT. В работе принимает участие Центр Волпе при Министерстве транспорта и вновь созданном Управлении инновационных технологий.

В разделе «Развитие программ ГНСС» представлена информация о GPS, Галилео и ГЛОНАСС.

После успешного запуска двух спутников GPS осенью 2006 года полная группировка достигла 31 спутника. В связи с тем, что по ИКД для приемников есть только 32 кода, в настоящее время общее количество спутников ограничивается этим числом. Руководство ВВС США

опубликовало письмо, предупреждающее изготовителей приемной аппаратуры о том, что приемники старых образцов в будущем не смогут следить за всеми спутниками. Оно также зарезервировало дополнительно 60 кодов для продукции будущего. Среди организационных мероприятий отмечается инициатива по опросу относительного видения архитектуры PNT на период до 2025 года. Несмотря на отмеченный рост космической группировки, есть определенные трудности с созданием новых спутников. Запуск спутников Блока IIF отложен до 2008 года, но летом возможно заключение договора по программе GPS III.

По программе Галилео в конце года готовилось к завершению соглашение по концессии на 20 лет, в котором должны быть определены три группы рисков: затраты и доходы от системы Галилео, инфраструктура и юридические ответственности в связи с использованием сигнала Галилео. Запуск второго спутника – GIOVE-B, скорее всего, совместят с этапом орбитальной приемки системы. Несмотря на определенные успехи программы, она испытывает прессинг от изготовителей приемной аппаратуры в связи с планируемым лицензированием пространственного сигнала или чипов.

Относительно программы ГЛОНАСС отмечены запуск двух новых спутников и одобрение Президентом В.В. Путиным планов восстановления космической группировки, а также план возможного перехода на кодовое уплотнение каналов вместо частотного, изложенный С. Ревнивых, заместителем директора ЦУП ЦНИИмаш.

## «ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ НАВИГАЦИИ» Том 5, № 1, февраль 2007 г.

EUROPEAN JOURNAL OF NAVIGATION  
Vol. 5, No. 1, February 2007

Первый номер журнала открывается статьей под заголовком «ГНСС: перспективы для гидрографии». В форме вопросов и ответов своим мнением делятся топограф из Новой Зеландии, специалист по геоматике из Лондонского колледжа, специалист-исследователь из фирмы Fugro и менеджер фирмы Septentrio. Они поделились своими соображениями по вопросам новых возможностей, открываемых ГНСС для гидрографии, значения дифференциального режима и новых технологий, оптимальных для гидрографии комбинаций сигналов и достижимых точностей в горизонтальной и вертикальной плоскостях, перспектив применения единого приемника и другой аппаратуры ГНСС.

В статье под заголовком «Местоопределение гидролокационного судна в соответствии с требованиями ИНО S-44» описано использование данных спутниковых навигационных систем для определения координат судов, производящих эхолокацию и изучение рельефа морского дна.

В статье «Самая маленькая сеть GPS для самого высокого здания» описан метод и оборудование, используемые для контроля колебаний строящегося в Объединенных Арабских Эмиратах самого высокого здания в мире – башни Бурж Дубаи высотой 800 метров.

Статья под заголовком «Sagittarius – дешевый астрономический прибор в поддержку GPS» предлагает разработанный в Нидерландах оптический астрономический навигационный прибор с телескопическим прицелом и цифровой камерой. Система измерения состоит из трех электронных гироскопов, смонтированных под прямым углом друг к другу. Прибор напоминает ружье и управляется портативным компьютером. Как оптическое устройство, он имеет ограничения по видимости в зависимости от погодных условий, но не может быть выведен из строя террористами. Поэтому как секстант он может надежно дублировать GPS и Галилео.

Статья «Больше чем слежение и сопровождение» рассказывает о голландской компании KCS BV, которая работает в области электроники промышленного применения, медицины и служб вещания. Фирма представляет свой продукт – устройство TracEME для управления парком автотранспорта.

В статье группы авторов из Компьенского технологического университета (Франция) под заголовком «Интегрированная навигация с использованием ГИС информации» предлагаются методы организации управления наземным транспортом по ГНСС с использованием географической информации двух видов – карт дорог, которые имеют пространственные границы, и реперов счетками координатами. Даны формулы для интегрирования информации от приемника GPS, одометра и гироскопа с дорожной картой. Приведены результаты проверки методики в районе Компьена.

Авторы статьи под заголовком «Антимаскирование DGPS на судах глубинной локализации» рассказывают о разработанном в Нидерландах способе борьбы с эффектами маскирования спутников GPS на судах для глубинных измерений. В системе использованы шесть приемников DGPS и несколько станций мониторинга, для которых разработан новый пакет программного обеспечения.

В заметке под заголовком «Босфорский пролив» описывается созданная в проливе Босфор система обеспечения безопасной навигации, контроля проходящих судов и регистрации аварийных ситуаций.

В заключение в журнале приводятся отзывы о международных конференциях – о третьем Семинаре ЕКА по технологиям аппаратуры потребителей космических навигационных систем NAVITEC 2006 в Нидерландах; о 12-м Конгрессе Международной Ассоциации институтов навигации в октябре 2006 года в Республике Корея и о Европейском морском радионавигационном форуме, который проходил в Париже в декабре 2006 г.

*Обзор подготовлен Цикаловой Е. Г.*



## СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ ГЛОНАСС на 10.03.2007 г.

по анализу альманаха от 00:00 10.03.07 (UTC)  
и текущих эфемеридных сообщений, принятых в ЦУП

№ пл.	№ точки	№ лит. частоты	№ по НКУ	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вы-вода из системы	Акт. сущ. (мес)	Пригодность КА по сообщениям		Примечание
								альманаха	эфемерид (UTC)	
I	1	07	796	26.12.04	06.02.05		23.5	+	+ 00:30 10.03.07	
	2	01	794	10.12.03	02.02.04		37.0	+	+ 19:00 09.03.07	
	3	12	789	01.12.01	04.01.02	24.11.06	56.5	-	- 15:51 09.03.07	Временно выведен
	4	06	795	10.12.03	29.01.04		37.2	+	+ 21:30 09.03.07	
	5	07	711	01.12.01	13.02.03	09.07.06	36.1			Временно выведен
	6	01	701	10.12.03	08.12.04		21.8	+	+ 00:00 09.03.07	
	7	05	712	26.12.04	07.10.05		15.2	+	+ 00:30 10.03.07	
	8	06	797	26.12.04	06.02.05		24.1	+	+ 00:30 10.03.07	
II	10	04	717	25.12.06				-	+ 16:30 09.03.07	На этапе ввода в эксплуатацию
	14	04	715	25.12.06				-	+ 00:00 10.03.07	На этапе ввода в эксплуатацию
	15	00	716	25.12.06						На этапе ввода в эксплуатацию
III	17	05	787	13.10.00	04.11.00	12.09.06	68.7		+ 07:38 12.09.06	Временно выведен
	18	10	783	13.10.00	05.01.01		65.4	+	+ 00:31 10.03.07	
	19	03	798	25.12.05	22.01.06		13.4	+	+ 00:30 10.03.07	
	20	11	793	25.12.02	31.01.03	23.09.06	41.7			Временно выведен
	21	08	792	25.12.02	31.01.03		47.2	+	+ 11:00 09.03.07	
	22	10	791	25.12.02	21.01.03	07.02.07	46.5	-	- 21:00 09.03.07	Временно выведен
	23	03	714	25.12.05	31.08.06		5.2	+	+ 23:00 09.03.07	
	24	02	713	25.12.05	31.08.06		5.7	+	+ 00:30 10.03.07	

www.glonass-ianc.rsa.ru

## СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ GPS на 10.03.07 г.

по анализу альманаха, принятого в ЦУП

№ пл.	№ точки	ПСП	Номер NORAD	Тип КА	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Акт. сущ. (мес)	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	9	22700	II-A	26.06.93	20.07.93		163.0	
	2	31	29486	III-R-M	25.09.06	13.10.06		4.9	
	3	8	25030	II-A	06.11.97	18.12.97		110.7	
	4	27	22108	II-A	09.09.92	30.09.92		172.8	
	5	25	21890	II-A	23.02.92	24.03.92		176.9	
B	1	16	27663	II-R	29.01.03	18.02.03		48.5	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	2	30	24320	II-A	12.09.96	01.10.96		124.5	
	3	28	26407	II-R	16.07.00	17.08.00		78.8	
	4	5	22779	II-A	30.08.93	28.09.93		160.7	
	5	12	29601	II-R-M	17.11.06	13.12.06		2.9	
C	1	6	23027	II-A	10.03.94	28.03.94		154.8	
	2	3	23833	II-A	28.03.96	09.04.96		129.6	
	3	19	28190	II-R	20.03.04	05.04.04		35.0	
	4	17	28874	II-R-M	26.09.05	13.11.05		14.6	
	5	7	22657	II-A	13.05.93	12.06.93		164.5	
D	1	2	28474	II-R	06.11.04	22.11.04		27.6	
	2	11	25933	II-R	07.10.99	03.01.00		86.2	
	3	21	27704	II-R	31.03.03	12.04.03		46.8	
	4	4	22877	II-A	26.10.93	22.11.93		159.6	
	5	15	20830	II	01.10.90	15.10.90	21.08.06	190.3	Временно выведен
	6	24	21552	II-A	04.07.91	30.08.91		186.3	
E	1	20	26360	II-R	11.05.00	01.06.00		81.2	
	2	22	28129	II-R	21.12.03	12.01.04		37.9	
	3	10	23953	II-A	16.07.96	15.08.96		126.8	
	4	18	26690	II-R	30.01.01	15.02.01		72.7	
F	1	14	26605	II-R	10.11.00	10.12.00		75.0	
	2	26	22014	II-A	07.07.92	23.07.92		175.4	
	3	13	24876	II-R	23.07.97	31.01.98		109.2	
	4	23	28362	II-R	23.06.04	09.07.04		31.9	
	5	29	22275	II-A	18.12.92	05.01.93	01.03.07	169.2	Временно выведен
	6	1	22231	II-A	22.11.92	11.12.92		170.7	

www.glonass-ianc.rsa.ru

## Китай успешно вывел на орбиту навигационный спутник

Китай в субботу утром объявил об успешном запуске спутника Beidou («Большая Медведица»), который должен стать частью создаваемой страной собственной навигационной системы класса GPS.

Как сообщается со ссылкой на китайское новостное агентство «Синьхуа», ракета-носитель Long March 3A со спутником ракеты-носителя Long March 3A («Великий поход 3A») стартовала с космодрома в провинции Сычуань. Через 32 минуты после запуска спутник был успешно выведен на расчетную орбиту.

Выведенный в субботу на орбиту спутник стал четвертым, запущенным в рамках программы по созданию китайской навигационной системы. Первый запуск в рамках проекта был осуществлен в 2000 году.

Китай рассчитывает, что создание системы навигации, подобной американской GPS, европейской Галиео и российской ГЛОНАСС, будет завершено к 2008 году.

*www.lenta.ru 03.02.2007, 06:51:02*

## Межконтинентальную ракету навели на цель с помощью GPS

США осуществили успешный запуск межконтинентальной баллистической ракеты Minuteman III по полигону на острове Кваджалейн, сообщает агентство Associated Press.

Целью запуска была проверка возможностей наведения головной части ракеты с помощью глобальной навигационной системы GPS. Это было первое испытание, в ходе которого боеголовка наводилась на цель исключительно с помощью GPS без использования других средств навигации.

Главным достоинством новой системы наведения является значительное уменьшение кругового вероятного отклонения (КВО) боеголовки. Традиционные средства навигации позволяли добиться точности в несколько десятков метров, чего было недостаточно для поражения сильнозащищенных целей, например шахтных пусковых установок. С помощью GPS КВО боеголовки можно снизить до 10–20 метров.

Твердотопливные трехступенчатые ракеты Minuteman III составляют основу наземной группировки стратегических ядерных сил США. Дальность полета составляет 10 тысяч километров. «Минитмэн» может нести до трех боевых зарядов, но по договорам об ограничении стратегических наступательных вооружений их нагрузка сокращена до одной боеголовки. Всего на вооружении ВВС США находятся 500 ракет этого типа.

*www.lenta.ru 09.02.2007, 06:51:02*

## **Швейцария выбрала технологию Trimble VRS для модернизации государственной сети GNSS инфраструктуры**

Как сообщает пресс-служба компании, 17 апреля Trimble объявил о поставке 31 базовой станции в составе GNSS приемника Trimble NetR5™ с антенной Trimble Zephyr Geodetic™ 2 для Швейцарского Федерального управления топографии (Swisstopo), которое приняло решение модернизировать свою государственную сеть позиционирования и использовать возможности приема сигналов системы GNSS. Постоянная сеть геопространственной инфраструктуры будет использовать сигналы обеих спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС, существенно расширяя возможности работы в кинематическом режиме реального времени (RTK) для геодезистов, инженеров и ГИС специалистов.

Существующая под именем AGNES (Automated GPS Network for Switzerland), Швейцарская сеть инфраструктуры позволяет Swisstopo предлагать пользователям услуги позиционирования swipos (Swiss Positioning Service) в виде дифференциальных поправок RTK и DGPS. После замены оборудования на GNSS станции Trimble NetR5 с возможностью приема сигналов как модернизируемой GPS системы (L2C и L5), так и ГЛОНАСС (L1/L2), модернизированная сеть получит название AGNES II. Кроме того, выбор новых антенн Trimble Zephyr Geodetic 2 обеспечит совместимость AGNES II с будущими планируемыми спутниковыми системами и частотами.

Созданная в 1999 г. на базе GPS приемников Trimble, сеть покрывает все 41000 кв. км территории Швейцарии, которая отличается исключительным топографическим разнообразием — от гор высотой свыше 4000 м до равнинных озер на высоте 193 м. Пользователи AGNES II смогут улучшить качество позиционирования, особенно в сложных для работы областях, таких как зоны со сложной топографией или прерывающимся приемом сигналов.

Кроме того, использование программного обеспечения Trimble RTKNet™ предоставит сети AGNES II функциональные возможности Trimble VRS™. Благодаря этой технологии вычисляется местоположение виртуальной базовой станции для каждого пользователя, существенно повышая надежность системы и позволяя увеличить расстояние между базовыми станциями. VRS сеть обеспечит высоконадежное и экономически

эффективное средство для геодезистов и других специалистов, позволит им работать быстрее и получать более точные GNSS результаты.

Сеть AGNES II предназначена для удовлетворения всех требований Swisstopo в будущем, предоставляя точные и надежные геодезические измерения сантиметровой точности на всей территории Швейцарии — и при этом намного быстрее и дешевле. AGNES II будет полностью функциональна уже летом 2007 г.

Создание государственной VRS сети Швейцарии последовало за развертыванием более чем 80 сетей инфраструктуры Trimble по всему миру, включая Австралию, Австрию, Бельгию, Канаду, Чехию, Китай, Данию, Финляндию, Францию, Германию, Грецию, Италию, Японию, Саудовскую Аравию, Литву, Малайзию, Нидерланды, Новую Каледонию, Норвегию, Польшу, Португалию, ЮАР, Сербию, Сингапур, Словению, Словакию, Южную Корею, Испанию, Швецию, Тайвань, Великобританию и США. Для знакомства с кратким перечнем установленных сетей Trimble VRS, можно посетить сайт [www.Trimble.com/vrsinstallations.shtml](http://www.Trimble.com/vrsinstallations.shtml).

Основанное в 1893 году, Швейцарское Федеральное управление топографии (Swisstopo) отвечает за все географические эталонные данные и продукты. Swisstopo создает и поддерживает геодезические, топографические и геологические данные по Швейцарии, включая публикацию и обновление серий государственных карт различных масштабов. Одно из подразделений Swisstopo — Федеральная дирекция кадастровых съемок — контролирует государственную кадастровую съемку, обеспечивая измерения и картоснову для национальной системы регистрации земель. Swisstopo является частью швейцарской группы, включающей Федеральное министерство обороны и Департамент защиты граждан и спорта (DDPS). Более подробная информация может быть получена на сайте: <http://www.swisstopo.ch/en/about/>.

Используя программное обеспечение RTKNet, VRS технология Trimble предоставляет RTK решение с более высокой точностью и в более широкой зоне. Данные VRS сети доступны пользователям в любое время и гарантируют им уверенное определение координат в любом месте сети без необходимости установки базовой станции и создания сетей обоснования.

Поскольку программное обеспечение Trimble RTKNet обрабатывает данные всей сети одновременно, VRS сети обеспечивают наивысшее качество и точность на больших расстояниях. В полевых условиях удаленные пользователи, выполняющие традиционную RTK съемку и использующие данные одиночной базовой станции, сталкиваются с существенным снижением точности и качества координат из-за влияния систематических ошибок, таких как ионосфера и тропосфера. В VRS сетях Trimble программное обеспечение RTKNet создает детальную модель ошибок, позволяя исключить из них систематическую составляющую. Пользователи входят в систему по каналам беспроводной связи, программа подтверждает их местоположение и позволяет

им работать так, как будто базовая станция находится непосредственно рядом с ними — от виртуальной базовой станции VRS. В результате часть ошибки, зависящая от удаления от базовой станции, существенно уменьшается, позволяя геодезистам достигать сантиметровой точности измерений на значительно больших расстояниях при использовании данных нескольких базовых станций. Пользователи также получают возможность постобработки сырых данных, скачивая записанные или смоделированные файлы GPS данных из центра управления через Интернет.

Информация по данному виду продукции Trimble в России: [www.navgeocom.ru](http://www.navgeocom.ru), [www.geopolygon.ru](http://www.geopolygon.ru), [www.gsi2000.ru](http://www.gsi2000.ru)

Источник: *М. Караванов, TRIMBLE Engineering and Construction Division, Moscow, Russia. 19.04.07.*

## Сибирские электронщики поработают на автолюбителей. В Красноярске запускают производство ГЛОНАСС-приемников

Научно-производственное объединение «Прикладная механика» имени академика М.Ф. Решетнева (НПО ПМ, Железногорск, Красноярский край) запускает массовое производство ГЛОНАСС-навигаторов. Совокупные инвестиции в этот проект, который должен быть реализован в течение ближайших трех лет, составят более \$40 млн. Однако, по оценке специалистов, со сбытом навигаторов у красноярских электронщиков могут возникнуть проблемы.

Как сообщил генеральный директор НПО ПМ Николай Тестоедов, массовое производство навигационной аппаратуры будет запущено на нескольких предприятиях Красноярского края: НПО ПМ, НПП «Радиосвязь» и ЦКБ «Геофизика». По словам г-на Тестоедова, его предприятие уже произвело несколько небольших партий таких приборов для нужд силовых ведомств. Предполагается, что основными потребителями продукции НПО ПМ на сей раз станут российские автолюбители. «Цена ГЛОНАСС-приемника не будет отличаться от стоимости американского GPS — в пределах \$200–600 и, возможно, чуть больше», — поделился расчетами г-н Тестоедов.

Global Positioning System (GPS) — спутниковая навигационная система, состоящая из работающих в единой сети 24 спутников. Ее аналог — Российская глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС) — включает 16 спутников. Обе системы предназначены для непрерывного обеспечения воздушных, морских, наземных и космических потребителей высокоточной координатно-временной информацией в любой точке Земли и околоземного пространства. С 1996 года Международная организация гражданской авиации и Международная морская организация используют систему ГЛОНАСС вместе с системой GPS (США) в качестве международных. С 1 января 2007 года российские военные сняли ограничения на использование высо-

точного сигнала. До этого на территории России запрещалось использовать приборы, позволяющие определять точку на местности точнее 30 метров. Теперь же с прибором, работающим с американской системой GPS, можно определить местонахождение с точностью до 1–1,5 метра. С аппаратурой ГЛОНАСС точность достигает 5–7 метров. НПО ПМ производит космические комплексы, им созданы более 1120 космических аппаратов, в том числе спутники ГЛОНАСС.

Чтобы организовать массовый выпуск приемников-навигаторов в течение ближайших трех лет, по оценке господина Тестоедова, необходимы инвестиции в размере \$40 млн. При этом назвать возможного инвестора этого проекта генеральный директор НПО ПМ затруднился. О своей поддержке производства отечественных навигаторов уже заявил губернатор Красноярского края Александр Хлопонин. Он пообещал финансовую поддержку из бюджета края, а также помощь в привлечении иностранных инвесторов. В свою очередь, г-н Хлопонин потребовал от руководства НПО ПМ ускорить запуск серийного производства навигаторов. По его данным, в Ярославской области в рамках федеральной целевой программы уже запущен подобный пилотный проект, следующие на очереди — Санкт-Петербург и Красноярский край. «Не стоит ждать, пока раскачается федеральный центр и Санкт-Петербург», — заметил г-н Хлопонин.

В то же время, по оценке специалистов, со сбытом навигаторов у красноярских электронщиков могут возникнуть проблемы. По словам директора направления эксплуатации систем связи конструкторского бюро «Искра» (Красноярск) Андрея Богомолова, услуги GPS-навигации на сегодняшний день мало востребованы, в основном ими пользуются охотники и туристы. «Операторы спутниковой связи в Красноярске пока не торопятся развиваться в этом направлении. Внедрение навигационной услуги подразумевает серьезные вложения, которые в конечном итоге могут не окупиться. А ГЛОНАСС-приемник сможет успешно конкурировать с американским аналогом только в том случае, если не будет походить на чемодан», — заметил Андрей Богомолов.

Иного мнения придерживается генеральный директор ООО «Эндис» (занимается продажей и установкой систем GPS-навигации) Андрей Святец. «Навигационные услуги и навигационные приемники востребованы в Красноярском крае так же, как в любой другой точке планеты. Только в Красноярске это не массовое явление. Не каждый может позволить себе выложить 18 тыс. руб. за качественный навигатор», — заметил г-н Святец.

Как сообщил генеральный директор НПО ПМ Николай Тестоедов, бизнес-план массового производства ГЛОНАСС-приемника будет обнародован в марте этого года.

*Мария Иванова, Андрей Озорнин, Красноярск. Коммерсант (Новосибирск), 6.02.07.*



# 4-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ «GEOFORM+»

## 4<sup>th</sup> INTERNATIONAL INDUSTRIAL FORUM GEOFORM+

Выставка «GEOFORM+» состоялась в Сокольниках с 13 по 16 марта 2007 года. Основной темой выставки были современные навигационные и геодезические технологии, имеющие прикладное значение.

В части использования радионавигационных спутниковых систем экспозиция выставки заметно сократилась по сравнению с предыдущим годом. Фактически основные производители оборудования НАП заметно сократили свое присутствие или присутствовали в лице представителей своих дистрибьюторов, сведя экспозицию к минимуму. Вероятной причиной такого положения дел стала выставка CeBIT в Германии, которая, несомненно, явилась важнейшим событием мирового масштаба и отвлекла многих от участия в «GEOFORM+».

Представленная аппаратура потребителя может быть условно разделена на две категории – геодезические приемники и мобильные навигаторы, включая телематические модули транспортных средств.

Из геодезической аппаратуры была представлена экспозиция приемников «Leica», «Topcon», «Trimble», включая антенные системы. Отдельно следует отметить стенд компании «GPSCom», которая на российском рынке представляет новые разработки приемников «Novatel» и сервиса Omnistar. По словам представителя компании, развитие сервиса в последнее время идет достаточно динамично, уже обеспечен глобальный охват территории земного шара, идет наращивание числа станций, входящих в число источников измерительной информации. Передача корректирующей информации обеспечивается через спутники связи различных провайдеров. Доступ к сервису Omnistar обеспечивается на уровне навигационной аппаратуры, то есть не требует дополнительно информационного обеспечения. Также «Novatel» представил несколько новых антенных систем, позволяющих работать с системами ГЛОНАСС/NAVSTAR/Galileo и принимающих сигналы спутников связи.

В целом можно предположить, что прогресс в области технического совершенствования НАП с целью повышения точности практически исчерпан, основное направление развития сместилось в область развития информационных систем, которые позволят в будущем расширить зону охвата систем функциональных дополнений, снизить временные затраты и трудоемкость процесса позиционирования. Основные задачи, над которыми ведутся работы, – это повышение точности эфемеридно-временного обеспечения, создание и идентификация параметров моделей погрешностей измерений, а также методов оперативной доставки информации и ее обработки.

Из аппаратуры автомобильной навигации представлено несколько образцов телематических модулей, сопрягаемых с системой мобильной связи или карманным компьютером с загруженными различными картографическими системами. Аппаратная часть таких элементов имеет традиционные технические решения, здесь прогресс идет в области дизайна и оптимизации потребляемых ресурсов. Классический телематический модуль выполнен в виде компактной антенны, навигационного приемника и, как правило, размещенного с ним в одном корпусе модема GSM/GPRS. При этом допускаются решения, когда дополнительно применяются устройства связи через спутниковые системы связи типа GlobalStar. В этой части производителей было представлено несколько разработчиков и системных интеграторов, предлагающих системы мониторинга транспортных средств и диспетчерские автоматизированные рабочие места, обеспечивающие слежение за автомобилями, оснащенными приемниками навигационных систем. Среди наиболее крупных производителей и интеграторов свои экспозиции представили компании «ИТС-софт», «Гейзер», Ассоциация транспортной телематики и другие. Основная ставка в части OEM комплектующих сделана на чипсеты SIRF серий 2 и 3. Из навигаторов двухсистемного профиля GPS/ГЛОНАСС можно отметить только приемник НИИМА «Прогресс» TFAG 50. В этом сегменте рынка развитие пошло по направлению передачи дополнительной информации с мобильного объекта, среди которой предлагается передача данных от различных датчиков на борту автомобиля. Такие датчики могут контролировать дверные замки, зажигание двигателя, остаток топлива, температуру в салоне, передавать видеозображение из кабины водителя или иную информацию в зависимости от типа контролируемых параметров.

В части информационного обеспечения широко представлены геоинформационные и картографические системы. ГИС системы представлены фирмами «Панорама», «Дата+», «Талка» и др. Особо следует отметить ГИС систему «ARCGIS», разработанную компанией «Leica» и представленную на выставке фирмой «Дата+». Она представляет собой программный продукт модульного типа с широкими возможностями визуализации и предоставления информации, включая аналитические решения. Представленный модульный ряд позволяет не только выводить картографическую информацию, включая возможность использования картографического сервера, но и проводить анализ и оптимизацию в части принятия решения планирования транспортных потоков, прокладки маршрутов, построения ERP систем. Дополнительно разработчик предоста-

вил широкий набор инструментов для редактирования картографической базы данных и корректирования визуализации.

ГИС «Панорама» традиционно представила большой набор картографических основ с различными методами визуализации, масштабирования и предоставления информации. Несомненным достоинством этой ГИС является обширная база данных картографической информации и ее постоянное обновление. Кроме того, фирмой «Панорама» предложен ряд программных продуктов, направленных на создание графических баз данных с привязкой атрибутов объектов, что позволяет создавать системы на основе геопространственной информации для учета пространственно разнесенных объектов.

Определенный интерес вызывает представленная на выставке продукция производства НПО «Техника-Сервис» (ООО «ТС-СКН»). Упомянутое предприятие производит защищенные переносные и карманные компьютеры для работы в полевых условиях (повышенная влажность воздуха, дождь, статическая и динамическая пыль, пониженное и повышенное да-

вление, пониженная и повышенная температура, атмосферные конденсированные осадки, акустический шум, солнечное излучение и пр.) в качестве универсальных компьютеров в транспортных средствах для работы в условиях вибраций, одиночных и многократных ударов, качки, брызг, соляного тумана, плесневых грибов и других внешних воздействующих факторов; в промышленных цехах и в условиях сильных магнитных и радиочастотных электромагнитных полей. Изделия могут, в частности, использоваться в качестве устройств телематических и интерфейсных модулей в комплекте с GPS или ГЛОНАСС/GPS приемником и навигационным программным комплексом.

К положительным качествам изделий следует отнести устойчивое, несмотря на отсутствие принудительного охлаждения, функционирование при повышенной температуре (+50°C и выше), а также тот факт, что кроме большого количества конфигураций (заявляется до нескольких тысяч вариантов), изделия могут быть доработаны производителем в соответствии со специальными требованиями заказчика.

## **Научно-технический семинар «Проблемы построения и функционирования Единой системы навигационно-временного обеспечения»**

### **WORKSHOP «PROBLEMS OF IMPLEMENTATION AND OPERATION OF THE NAVIGATION/TIME SUPPORT SYSTEM»**

21 марта 2007 года состоялось очередное заседание научно-технического семинара «Проблемы построения и функционирования Единой системы навигационно-временного обеспечения», созданного в соответствии с «Положением о Проблемном совете» при Координационном совете федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система». Семинар проходил под руководством проф. Почукаева В. Н. в ЦУП ЦНИИМаш, г. Королев. На заседании были заслушаны три тематических доклада, которые были посвящены результатам состоявшегося в августе 2006 года эксперимента по мониторингу навигационных полей ГЛОНАСС/GPS. Эксперимент был проведен на кораблях Управления Береговой охраны Пограничной службы ФСБ России, переправлявшихся из г. Мурманск в г. Петропавловск-Камчатский по Северному морскому пути. Основной целью эксперимента было определение возможности использования спутниковой навигации для мореплавания в полярных широтах на Северном морском пути. Для этого следовало решить следующие задачи:

- оценка реальной точности позиционирования в северных широтах;
- исследование возможности построения эталонной траектории движения корабля;
- проведение мониторинга навигационного поля в северных широтах;

- сравнение реальной навигационной обстановки с прогнозируемой;
- отработка технологий обмена данными между мобильным пунктом мониторинга и ИАЦ КВО;
- построение траектории движения корабля и отображение ее на карте в процессе движения.

К проведению эксперимента были привлечены сотрудники организаций: РИРВ, ЦНИИМаш, НПП «Термотех», ФГУП «Гидрографическое предприятие», фирма JNS.

Вначале был заслушан доклад Главного штурмана Береговой охраны ПС ФСБ России Гульцова Е. И. «Опыт работы Управления береговой охраны пограничных органов по оснащению корабельного состава аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS». В докладе была отмечена необходимость внедрения новейших технологий навигации и связи. Пограничная служба уделяет этому вопросу повышенное внимание, идет активное оснащение судов системами спутниковой навигации и связи, в Анапе на учебной базе развернут учебный навигационный комплекс, на котором происходит обучение слушателей передовым технологиям, ведутся практические занятия. Проведение эксперимента позволило уточнить возможности применения технологий навигации и связи, технические требования к выпускаемой аппаратуре потребителей, возможности применения систем функциональных дополнений.

Следующий доклад «Организация и проведение эксперимента по исследованию решения задач навигации с использованием информации, полученной с глобальных навигационных спутниковых систем на трассе Северного морского пути» был подготовлен большой группой специалистов, участвовавших в эксперименте, — Бермишев А.А., Вороновский И.В., Казновский Н.И., Конечных А.В., Кривоспицкий Л.А., Ревнивых С.Г., Кучеров Р.С., Золкин И.А., Можаров И.В., Сердюков А.И. (ЦНИИмаш), Арешев П.П. (ОАО «РИРВ»), Итин П.Г. (НПП «Термотех»), Мац М.А. (ФГУП «Гидрографическое предприятие»), Гусаров С.С., Лазарев А.А. (Управление Береговой охраны Пограничной службы ФСБ России). В этом докладе была затронута тема технического обеспечения самого эксперимента, отмечены проблемы, проявившиеся непосредственно в работе, и кратко изложены основные этапы. Докладчик поделился опытом установки антенн, навигационной аппаратуры и сопутствующего оборудования. В ходе этих мероприятий выявились проблемы выбора места креплений антенн, связанные с затенением, особенно при условии качки, проводки электропитания, многолучевости и обеспечения электромагнитной совместимости. Были использованы приборы различных производителей, а именно:

- двухчастотный 20-канальный ГЛОНАСС/GPS геодезический приемник Legasu производства фирмы Javad;
- двухчастотный 20-канальный ГЛОНАСС/GPS геодезический приемник Махог производства фирмы Javad;
- двухчастотный 20-канальный ГЛОНАСС/GPS геодезический приемник производства РНИИ КП;
- одночастотный 16-канальный ГЛОНАСС/GPS геодезический приемник «Геодезия» К-161 производства РИРВ;
- одночастотный 16-канальный ГЛОНАСС/GPS приемник-антенна СПА производства РИРВ;
- одночастотный 12-канальный бытовой GPS приемник Garmin Etrex производства фирмы Garmin;
- одночастотный 16-канальный ГЛОНАСС/GPS приемник МТ-102 производства РИРВ, входящий в состав штатного навигационного оборудования корабля.

Измерительная информация передавалась на обработку в ИАЦ КВО по каналам спутниковой связи. Путем сопоставления траекторий движения судна по оценкам различных средств навигации были сделаны оценки точности навигационных определений.

Последний из предложенных материалов доклад «Результаты обработки эксперимента по решению задач навигации на трассе Северного морского пути» был также подготовлен совместно группой специалистов организаций, участвовавших в проведении эксперимента, — Бермишев А.А., Вороновский И.В., Дутов Е.Н., Митрикас В.В., Игнатович Е.И., Шекутьев А.Ф., Балашова Н.Н., Синцова Л.Н., Соколова Э.А. (ЦНИИмаш), Ковита С.П., Конаржевский И.К., Тикко Б.Б. (ОАО «РИРВ»), Рапопорт Л.Б. (фирма JNSS).

Докладчик осветил методику проведения окончательных расчетов, определил поставленные задачи и их решения. Были рассмотрены различные режимы навигации с использованием спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, а также функциональных дополнений.

В процессе эксперимента были решены следующие задачи:

1. Проведена проверка НАП и специфика установки и подключения аппаратной части. Определены недостатки используемых приборов, даны предложения по совершенствованию аппаратной части.
2. Проверено в работе программное обеспечение обработки данных и связи, даны рекомендации по его доработке.
3. Разработано программное обеспечение для организации передачи данных в квазиреальном времени.
4. Собрана большая измерительная база данных.
5. Построены траектории движения по оценкам разных приборов и методов.
6. Получены эмпирические оценки точности различных экземпляров НАП и методов измерений.
7. Получены качественные оценки навигационного поля на трассе маршрута следования судов.

В качестве дополнения к докладам, существенно проясняющего особенности условий проведения навигационных определений, был показан кинофильм «Мурманск-Петропавловск-Камчатский по Северному морскому пути, 2006г. Иллюстрация эксперимента».

Таким образом, в процессе перехода по Северному морскому пути собран большой объем информации, проверена работоспособность приемников и их программно-математического обеспечения в условиях северных широт и особенностей размещения аппаратуры на корабле. Установлены недостатки в работе приемников и их ПМО. Опробована система спутниковой связи GlobalTel, входившей в состав мобильного навигационного комплекса, в северных широтах для передачи измерительной информации.

По итогам докладов были сделаны следующие выводы:

1. В течение всего перехода система GPS обеспечила бесперебойную работу на судах, следовавших Северным морским путем.
2. Для обеспечения бесперебойной работы необходимо наращивать спутниковую группировку ГЛОНАСС, что позволит избежать перерывов в работе навигационных средств, использующих систему ГЛОНАСС.
3. Показана принципиальная возможность приема навигационного сигнала с учетом специфики северных широт.
4. Для повышения точности и целостности необходимо развивать средства функциональных дополнений, а также системы связи с учетом особенностей северных широт.
5. Целесообразно дальнейшее продолжение работ и исследований в целях закрепления и уточнения полученных результатов.



# РОССИЙСКОМУ ИНСТИТУТУ РАДИОНАВИГАЦИИ И ВРЕМЕНИ – 50 ЛЕТ

## 50<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF THE RUSSIAN INSTITUTE OF RADIONAVIGATION AND TIME



ОАО «Российский институт радионавигации и времени» (ОАО «РИРВ») – ведущая в Российской Федерации организация в области радионавигации, систем точного времени и синхронизации.

Институт был учрежден как НИИ-195 Постановлением Совмина СССР от 25.08.56 года № 1195-613. С 1966 года он стал Ленинградским научно-исследовательским радиотехническим институтом (ЛНИРТИ), в 1991 году был переименован в Российский институт радионавигации и времени и до 2003 года был Федеральным государственным унитарным предприятием (ФГУП «РИРВ»).

С 2003 года по настоящее время институт находится в ведении Федерального агентства по промышленности и представляет собой Открытое акционерное общество «Российский институт радионавигации и времени» (ОАО «РИРВ») со 100%-ным капиталом, принадлежащим государству.

В институте создана научная школа. С 1962 года действует аспирантура, с 1965 года – специализированный диссертационный совет, который с 2000 года имеет статус докторского. За эти годы более 180 специалистам института присуждена ученая степень кандидата технических наук и 20 сотрудникам – степени доктора технических и физико-математических наук. С 1965 года сотрудники института участвуют в издании научно-технического журнала «Вопросы радиоэлектроники», с 1992 года – журнала «Радионавигация и время».

За время работы институт был награжден орденом Октябрьской Революции, а его специалистам были присуждены две Ленинские премии СССР, 16 Государственных премий СССР, одна Государственная премия СМ СССР, 79 почетных званий, 505 правительственных наград.

Разработки института неоднократно отмечались дипломами и медалями на многочисленных международных и российских выставках, салонах и конференциях: Российский промышленник, «Норвеком», Авиационно-космический салон МАКС, Военно-морской салон IMDS, «ИНТЕРПОЛИТЕХ», «GEOFORM+» и др.

Исторически сложились три основных тематических направления деятельности института, которые всегда присутствовали в той или иной организационной конфигурации предприятия.

Первым направлением является разработка, ввод в эксплуатацию и модернизация систем и средств дальней и глобальной радионавигации.

Приняты в эксплуатацию импульсно-фазовые и фазовые радионавигационные системы: «Чайка», «Альфа», «Чайка»/«Лоран-С» – аналоги американских систем «Омега» и «Лоран-С», позволившие определять местоположение пользователя с погрешностью от нескольких километров до нескольких десятков метров.

Вторым важным направлением деятельности института является разработка, ввод в эксплуатацию и модернизация систем и средств Единого Времени,

стабилизации частоты и синхронизации различных комплексов.

Приняты в эксплуатацию системы СЕВ-ВТ, «Цель», системы синхронизации ГЛОНАСС и других космических систем. Разработки, проводимые институтом, позволяют доводить до потребителя информацию о времени с точностью от микросекунд до нескольких наносекунд (относительно Госэталоны).

В институте были разработаны более 40 типов бортовых синхронизирующих устройств, атомных стандартов частоты и контрольно-измерительной аппаратуры для различных космических систем в рамках национальных программ, предназначенных для создания космических средств наблюдения Земли в интересах обороны и народного хозяйства.

Третье направление деятельности института связано с разработкой, изготовлением и поставками высокотехнологичной навигационно-временной аппаратуры потребителя, пригодной к массовому производству.

ОАО «РИРВ» является ведущей организацией в Роспроме по формированию научно-технической политики в области координатно-временного обеспечения и координации мероприятий по разработке, подготовке производства, изготовлению интегрированной конкурентоспособной аппаратуры потребителей нового поколения по системам ГЛОНАСС.

В последние годы на основе базового 16-канального приемоизмерителя ГЛОНАСС/GPS разработан широкий приборный ряд аппаратуры пользователей различного назначения (морская, автомобильная, геодезическая, временная, авиационная). Для ее серийного выпуска в институте организована производственная линия с производительностью 10 тыс. комплектов в год.

Сегодняшние приоритеты интересов ОАО «РИРВ» лежат в области совместной инновационно-инвестиционной деятельности в сфере разработок и производства систем управления транспортом, мониторинга окружающей среды, создания комбинированных навигационных приемников ГЛОНАСС/GPS/ГАЛИЛЕО.

В настоящее время ОАО «РИРВ» решает задачи прикладного сегмента одного из наиболее перспективных направлений – создания единой системы координатно-временного и навигационного обеспече-

ния (ЕСКВНО). ЕСКВНО предполагает интеграцию всех систем и средств, создающих радионавигационные и временные поля, в единую систему, позволяющую потребителю с высокой степенью надежности и достоверности получать координатно-временную информацию.

В работе ОАО «РИРВ» успешно сочетаются научно-техническая и производственная деятельность, обеспечиваемая более чем 800 сотрудниками. Открытость к сотрудничеству и активная инновационная политика позволили предприятию не только удержаться на современном рынке, добиться новых значительных успехов в своей деятельности, но и привлечь значительные инвестиции для создания компактного высокотехнологичного серийного производства, сертифицированного в соответствии с требованиями ISO 9002, а также наладить тесное взаимодействие с заказчиками, эксплуатирующими организациями и смежными предприятиями.

В соответствии с решаемыми задачами сложилась современная структура института:

- научно-исследовательские отделения;
- научно-технические отделы;
- проблемные лаборатории;
- подразделения научно-технического обеспечения;
- экспериментально-опытное производство;
- серийное производство;
- отдел продаж.

Задачи любой сложности позволяет решать экспериментальная база института:

- вторичный эталон частоты и времени, аттестованный государственным эталоном (паспорт ВЭТ 1-13-96);
- стенды и оборудование для климатических и механических испытаний образцов космической, наземной, авиационной и морской аппаратуры;
- полигон для отработки и испытаний новой техники.

Являясь ведущей организацией в области радионавигации, систем точного времени и синхронизации, ОАО «РИРВ» принимает активное участие в национальных («Восток», «Космос», «Цикада», ГЛОНАСС, «Национальная технологическая база») и международных программах (МКС «Альфа», «Морской старт»).



## НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ

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

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

\* \* \*

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

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

\* \* \*

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

Изложены принципы построения спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, даны ее системные характеристики и основные характеристики подсистем космических аппаратов, наземного контроля и управления и навигационной аппаратуры потребителей, а также дифференциальных дополнений СРНС. Рассмотрены направления

совершенствования технологий спутниковой навигации, включая перспективы совершенствования космического и наземного сегментов, контроля целостности, использования высокоточных фазовых измерений, интегрирования с инерциальными системами навигации и использования пространственной обработки сигналов. Для широкого круга специалистов, занимающихся разработкой, производством и эксплуатацией аппаратуры потребителей СРНС ГЛОНАСС. Может быть полезна студентам, аспирантам и преподавателям высших учебных заведений при изучении дисциплин радиотехнического профиля.

[www.radiotec.ru](http://www.radiotec.ru)

\* \* \*

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

\* \* \*

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

\* \* \*

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

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

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

Систематически изложены необходимые сведения для изучения радиолокационных систем дистанционного зондирования Земли. Основное внимание уделено принципам построения авиационных и космических радиолокационных систем с синтезированной апертурой антенны (РСА), предназначенных для детального наблюдения (радиовидения) земных объектов естественного и искусственного происхождения. Книга может быть широко использована в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 654200 «Радиотехника», а также для подготовки специалистов по направлению 080800 «Исследование природных ресурсов аэрокосмическими средствами, может быть полезна для инженеров и научных работников, занимающихся проблемами радиовидения Земли.

<http://www.radiotec.ru>

\* \* \*

**Дмитриев С. П., Пелевин А. Е. Задачи навигации и управления при стабилизации судна на траектории.** СПб. «Электроприбор», 2004.— 158 с.

ISBN: 5-900780-55-4.

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

\* \* \*

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

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

\* \* \*

**Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах.** Часть 1. Коллективная монография. Под ред. А. И. Канашенкова и В. И. Меркулова. — М.: Радиотехника, 2004.

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

\* \* \*

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

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

\* \* \*

**12th IAIN World Congress 2006**

International Symposium on GPS/GNSS Proceedings, October 18-20, CD1, CD2.

\* \* \*

**ION GNSS 2006**

Proceedings, September 26-29, 2006, CD.



# КАЛЕНДАРЬ МЕЖДУНАРОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2007 – 2008 гг.

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

**APRIL 2 – 4, 2007**

## **JOINT NAVIGATION CONFERENCE 2007**

Orlando, FL, USA. [info@jointnavigation.org](mailto:info@jointnavigation.org),  
[www.jointnavigation.org](http://www.jointnavigation.org)

**АПРЕЛЬ 9 – 10, 2007**

## **Международный форум по спутниковой навигации**

### **International Satellite Navigation Forum**

При поддержке Роскосмоса и Правительства Москвы. Организован российской деловой компанией Profi-T Centre. Выставка коммерческой продукции. Москва, 121205, Россия, Новый Арбат, 36/9. Тел. +7 (495) 797-6222, факс +7 (495) 797-6223, e-mail: [info@ptcentre.ru](mailto:info@ptcentre.ru)

**APRIL 23 – 25, 2007**

## **ION 2007, ION 63rd Annual Meeting**

ION Annual Meeting, Cambridge (Mass), US. Cosponsored by the MITRE Corp. and the UK Royal Institute of Navigation. A series of Bio Navigation Workshops during the meeting.  
[www.ion.org](http://www.ion.org)

**APRIL 24 – 25, 2007**

## **GNSS Signal 2007**

Noordwijk, The Netherlands. Sponsored by the RadioNavigation Systems & Techniques Section of the Directorate of Technical and Quality Management at the European Space Agency (ESA) in cooperation with the Transmission Techniques and Signal Processing department at CNES, the French Space Agency, this workshop will provide an overview of the Galileo signal definition, characteristics and performance, as well as other GNSS systems progress. The Workshop is free of charge. [www.congrex.nl/07c12](http://www.congrex.nl/07c12)

**MAY 24 – 25, 2007**

## **CERGal 2007**

### **International Symposium on Certification of Galileo System & Services**

Braunschweig, Germany.  
[www.dgon.de](http://www.dgon.de)

**МАЙ 23 – 25, 2007**

## **НО-2007**

### **Конференция «Современное состояние и проблемы навигации и океанографии»**

ГНИНГИ МО РФ, 199106, г. Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41. Тел/факс +7 (812) 327-99-80, +7 (812) 322-33-19. [gningi@navy.ru](mailto:gningi@navy.ru)

**МАЙ 28 – 30, 2007**

### **XIV Санкт-Петербургская Международная конференция по интегрированным навигационным системам**

ГНЦ РФ «ЦНИИ «Электроприбор», ул. Малая Посадская, 30, 197046, Санкт-Петербург. Тел. +7 (812) 499-82-10, +7 (812) 499-81-57, факс +7 (812) 232-33-76  
[ICINS@eprib.ru](mailto:ICINS@eprib.ru) [elprib-onti@telros.net](mailto:elprib-onti@telros.net)  
[www.elektropribor.spb.ru](http://www.elektropribor.spb.ru)

**MAY 29 – 31, 2007**

## **ENC-GNSS 2007**

Swiss Institute of Navigation, Geneva. The conference will be held concurrently with the European Frequency and Time Forum and the IEEE Frequency Control Symposium with a combined exhibition.  
[www.timenav07.org](http://www.timenav07.org)

**MAY 29 – JUNE 1, 2007**

## **TimeNav'07 (includes ENC 2007)**

Geneva, Switzerland. Information: Ted Byrne, FSRM, Ruelle, DuPeyron 4, 2000 Neuchatel. Tel. +41 (32) 720-09-00, fax +41 (32) 720-09-90  
[welcomet@timenav07.org](mailto:welcomet@timenav07.org) [www.TimeNav07.org](http://www.TimeNav07.org)

**JUNE 18 – 20, 2007**

## **European ITS 07**

ITS Congress Association, Aalborg, Denmark. T.: +32 (0) 26261132, [v.mindlin@mail.itscongress.org](mailto:v.mindlin@mail.itscongress.org),  
[www.itsineurope.com](http://www.itsineurope.com)

**JUNE 20 – 22, 2007**

## **TRANS-NAV 2007**

Gdynia, Poland. Katedra Nawigacji, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Gdyni, Al. Jana Pawła II 3, 81-345

Gdynia, Poland. T.: +48 (58) 6616955, transnav@am.gdynia.pl, <http://transnav.am.gdynia.pl>

**SEPTEMBER 5 – 7, 2007**

**IRS 2007**

**International Radar Symposium**

German Institute of Navigation and Technical University  
Hamburg-Harburg, Germany, Cologne. Tel. +49-(0) 228-20197.0, fax +49-(0) 228-20197.19,  
e-mail: [n\\_dgon.bonn@t-online.de](mailto:n_dgon.bonn@t-online.de)  
[www.dgon.de](http://www.dgon.de)

**SEPTEMBER 25 – 28, 2007**

**ION GNSS 2007**

3975 University Drive Suite 390 Fairfax, VA 22030 Phone:  
703.383.9688 Fax: 703.383.9689 [meetings@ion.org](mailto:meetings@ion.org),  
[www.ion.org](http://www.ion.org)

**СЕНТЯБРЬ 24 – 27, 2007**

**НЕВА 2007**

Санкт-Петербург, Россия.

**OCTOBER 15 – 18, 2007**

**RADAR 2007**

Sponsor IET, Edinburgh, UK.

**APRIL 2 – 4, 2008**

**RIN 08**

**Animal Navigation**

Reading, UK.

**APRIL 23 – 26, 2008**

**ENC-GNSS 2008**

French Institute of Navigation, Toulouse.

**JULY 14 – 20, 2008**

**Farnborough Airshow**

UK.



**УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

Продолжается подписка на журнал «Новости навигации».

Подписка оформляется через редакцию журнала. Юридические и физические лица могут приобрести издаваемый журнал, оформив подписку либо заказ на конкретный номер журнала, а также за наличный расчет. Время оформления подписки не ограничено. В стоимость подписки входит оплата 4-х номеров журнала. Стоимость подписки с учетом почтовых расходов и НДС (10%) – 1200 руб.

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

Россия, 109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 2,  
 ФГУП «НТЦ СНТ «Интернавигация».  
 Контактный телефон: (495) 626-25-01, факс: (495) 626-28-83  
 E-mail: internavigation@rgcc.ru.

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

**Расценки на публикацию рекламы:**

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

---

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

**БЛАНК-ЗАКАЗ**

Просим оформить подписку на \_\_\_\_\_ экз. журнала «Новости навигации».  
 Стоимость подписки в сумме \_\_\_\_\_ руб. перечислена на расчетный счет  
 ФГУП «НТЦ современных навигационных технологий «Интернавигация» в  
 Межгосударственном банке г. Москвы, ИНН 7736022670, КПП 770901001  
 р/с № 40502810000000000001, БИК 044525362, к/с 30101810800000000362.

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

Заказ направить по адресу:

индекс п/о \_\_\_\_\_, область (край, респ.) \_\_\_\_\_

город, улица, дом \_\_\_\_\_

Кому \_\_\_\_\_

(полное название организации или ФИО заказчика)

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

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

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

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