

Научно-технический журнал по проблемам навигации

УДК 621.78:525.35

Редакционная коллегия:

Главный редактор – директор НТЦ «Интернавигация», Заслуженный работник связи РФ Царев В.М.  
Редактор – Соловьев Ю.А., к.т.н.

Отв. редактор – Цикалова Е.Г.

Члены редакционной коллегии:

Аргунов А.Д.; Белгородский С.Л., д.т.н., проф.; Власов В.М., д.т.н., проф.; Зубов Н.П., д.в.н., проф.; Иванов Н.Е., д.т.н., проф.; Коротышко А.Н., к.т.н.; Семин П.А., к.э.н.; Ярлыков М.С., д.т.н., проф.

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

Здание подготовлено и распространяется ФГУП «НТЦ современных навигационных технологий «Интернавигация»  
Тел. (095) 926-2501, (095) 926-2966,  
Факс (095) 926-2883  
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>

<i>В Межгосударственном совете «Радионавигация»</i> <i>In the Radionavigation Interstate Council of the CIS</i>	2
<i>В Российском общественном институте навигации</i> <i>In the Russian Public Institute of Navigation</i>	4
<i>Наши поздравления</i> <i>Our congratulations</i>	6
<i>Научно-технические статьи, обзоры, рефераты</i> <i>Scientific articles, reviews, synopses</i>	8
Балов А.В., Жолнеров В.С., Зарубин С.П., Кабилов А.И., Писарев С.Б., Семенов Г.А., Шебшавич Б.В., Царев В.М. Радионавигационные системы дальнего действия с наземным и космическим базированием как глобальная система электромагнитного мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений <i>A. Balov, V. Zholnerov, S. Zarubin, A. Kabirov, S. Pisarev, G. Semenov, B. Shebshayevich, V. Tsarev. Long-range terrestrial and space-based radionavigation systems as a global EM monitoring system of short-term precursors of earthquakes</i>	8
Соловьев Ю.А., Царев В.М. Использование ИФРНС для реализации дифференциального режима спутниковой навигации <i>Yu. Soloviev, V. Tsarev. Using pulse-phase RNS for differential satellite navigation</i>	22
Федотов В.Н., Царев В.М. Оценка зависимости погрешностей решения навигационно-временной задачи аппаратурой потребителей спутниковых систем от точности прогноза положения навигационного космического аппарата на орбите <i>V. Fedotov, V. Tsarev. Evaluation of the dependence of the errors of the SNS user equipment navigation solutions on the prediction accuracy of the SV orbital position</i>	30
Султанов В.З., Нахмедов Э.С., Наджафов Н.Н. Безопасность систем передачи данных АЗН-В <i>V. Sultanov, E. Nakhmedov, N. Nadjafov. Security of the ADS-B data links</i>	39
Новые технологии спутниковой навигации в наземном транспорте <i>Novel satellite navigation technologies in land transport</i>	43
Обзор Бюллетеня института навигации США, т. 13, №4, зима 2003-2004 гг. <i>Digest of the ION Navigation News, v. 13, No. 4, Winter 2003-2004</i>	46
Обзор «Европейского журнала по навигации», т. 2, №№ 23, 2004 г. <i>Digest of the European Journal of Navigation, v. 2, No. 2-3, 2004</i>	47
Обзор журнала <i>GPS World</i> , июнь-сентябрь 2004 г. <i>Digest of the GPS World, June-September, 2004</i>	50
<i>Оперативная информация</i> <i>Operational information</i>	56
<i>Конференции, выставки, совещания</i> <i>Conferences, exhibitions, meetings</i>	57
Заседание Межгосударственного Совета «Радионавигация» СНГ <i>Session of the Radionavigation Council of the CIS</i>	57
XXIV Конференция памяти Н.Н. Острякова <i>The 24<sup>th</sup> Ostryakov Conference in St-Petersburg</i>	58
<i>Из истории навигации</i> <i>From the history of navigation</i>	60
Молоканов Г.Ф. К 100-летию со дня рождения В.П. Чкалова <i>G. Molokanov. Towards the 100<sup>th</sup> Anniversary of V.P. Chkalov</i>	60
<i>Наши соболезнования</i> <i>Obituary</i>	63
<i>Новые книги и журналы</i> <i>New books and magazines</i>	66
<i>Планы и календари</i> <i>Plans and calendars</i>	68

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

Компьютерная верстка  
Типография Министерства промышленности и энергетики.  
Китайгородский проезд, д. 7

ХІІІ сессія Совета Дальневосточной радионавигационной  
службы ФЕРНС (FERNs)

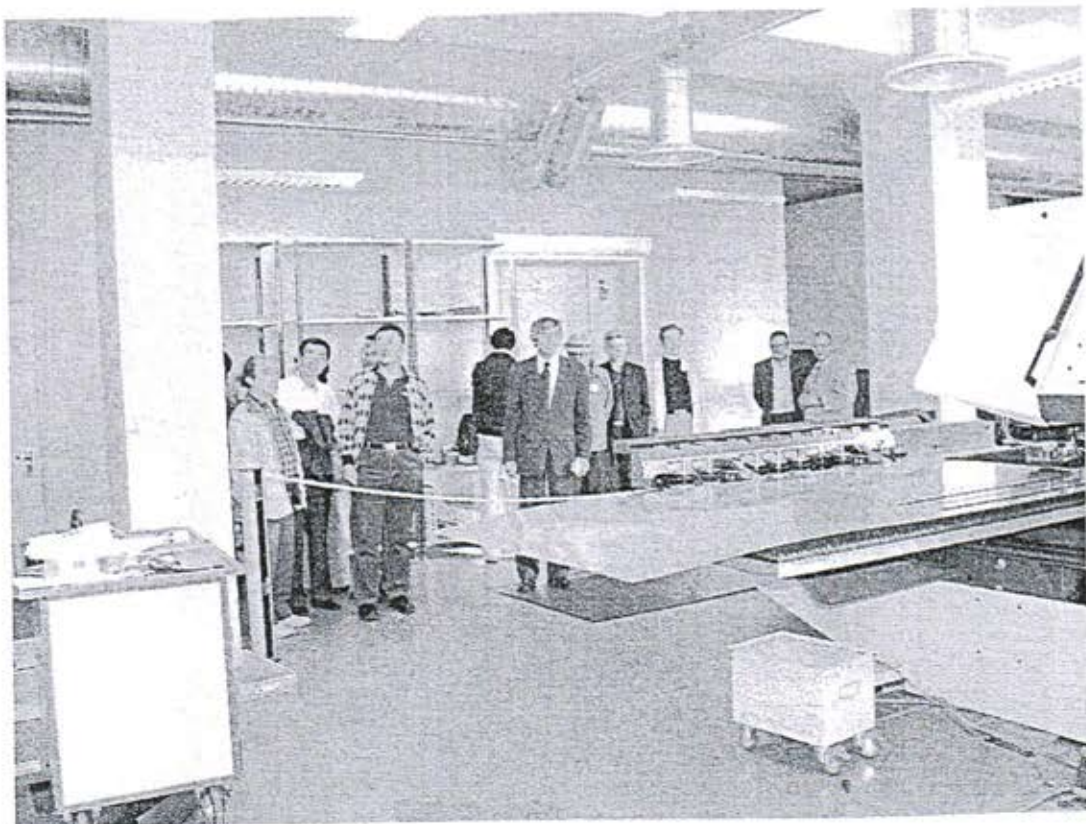
6-10 сентября 2004 г.



На заседании ХІІІ сессии Совета ФЕРНС



Участники ХІІІ сессии Совета ФЕРНС: (сидят, слева направо) М. Шинозаки (Япония), П. Кент (МАМС), С.Б. Писарев (Генеральный директор РИРВ, Россия), Л. Чен (КНР), Х.-Д. Конг (Корея); (стоят, слева направо) Д. Чжан, С. Вей, Дж. Ма (КНР), В.С. Жолнеров (заместитель Генерального директора РИРВ, Россия), Б.В. Шебшаевич (заместитель Генерального директора РИРВ, Россия), В.М. Царев (Директор НТЦ «Интернавигация», Россия), А.И. Кабиров (заместитель Генерального директора РИРВ, Россия), Дж. Лиу (КНР), А.Д. Аргунов (заместитель Директора НТЦ «Интернавигация», Россия), проф. С.-М Чонг (Япония), А.Н. Шишкин (МИД РФ), К. Морибе (Япония)



На экскурсии



в Петергофе

## **XIII сессия Совета Дальневосточной радионавигационной службы ФЕРНС (FERNS)**

*6-10 сентября 2004 г.*

По приглашению руководителя Федерального агентства по промышленности Алешина Бориса Сергеевича с 6 по 10 сентября 2004 г. в г. Санкт-Петербурге состоялась очередная XIII сессия Совета Дальневосточной радионавигационной службы ФЕРНС (FERNS).

Совет функционирует в соответствии с «Соглашением между правительствами Китайской Народной Республики, Японии, Республики Корея, Российской Федерации по международной программе создания в Дальневосточных водах объединенной радионавигационной службы с использованием станций «Лоран-С» и «Чайка» от 22 декабря 2000 г.» Заседания Совета ежегодно проводятся поочередно в Республике Корея, КНР, Японии и России.

Деятельность Совета направлена на координацию работ, проводимых государствами региона для обеспечения безопасности и повышения экономической эффективности всех видов транспорта на основе увеличения радионавигационного поля в регионе и повышения точностных характеристик, целостности, доступности и надежности радионавигационных систем (РНС).

В настоящее время совместными усилиями стран-участниц создаются объединенные радионавигационные системы «Чайка»/«Лоран-С».

В заседании Совета приняли участие полномочные представители Японии, Республики Корея, Китайской Народной Республики. В состав российской делегации вошли представители ОАО «Российский институт радионавигации и времени» и ФГУП НТЦ «Интернавигация». В работе Совета принял участие представитель МИД РФ. В качестве наблюдателя в работе Совета участвовал представитель Международной ассоциации маячных служб (IALA). *(См. фото на цветной вкладке).*

Заседание Совета проходило в соответствии с утвержденной повесткой дня.

На XIII заседании Совета обсуждались проблемы интегрирования навигационных спутниковых и наземных систем и средств, а также аппаратуры потребителей. Рассматривались вопросы разработки функциональных дополнений к спутниковым навигационным системам (СНС) по передаче и приему дифференциальных поправок к СНС с использованием наземных станций РНС «Чайка» и «Лоран-С», рассматривались новые способы их использования.

В ходе обсуждений перспектив дальнейшего использования систем «Чайка» и «Лоран-С» корейская делегация проинформировала Совет, что руководство будет принимать решение относительно будущего станций «Лоран-С» в зависимости от результатов исследований, которые проводятся в США. Остальные участники Совета

сошлись во мнении, что в связи с уязвимостью ГНСС нужно добиваться международного признания необходимости дублирования систем. Необходима также разработка международных стандартов по приемной аппаратуре «Чайка»/«Лоран-С», унификация систем определения времени, создание дешевых гибридных приемников ГНСС/«Чайка»/«Лоран-С»; по возможности нужно вводить технологии коррекции вторичного фазового набега (ASF) и синхронизации цепей по времени излучения (ТОЕ). Российская делегация представила доклад «Перспективы развития системы «Чайка» в Российской Федерации в XXI веке». Основные идеи доклада:

- в России система «Чайка» рассматривается, как важный элемент комплексной радионавигационной службы;
- Россия планирует эксплуатировать систему «Чайка» до 2015 г.;
- для ее дальнейшего использования в качестве составляющей комплексной радионавигационной службы страны и элемента международных радионавигационных систем она должна сохранять двойное назначение;
- необходимо как можно скорее начать разработку международного стандарта по передаче дифференциальных поправок ГНСС по каналам «Чайка»/«Лоран-С»;
- документы ИМО и ИКАО по регламентированию работы бортовой аппаратуры «Чайка»/«Лоран-С» будут способствовать поддержке этих систем. Конференция ИКАО, которая проходила в этом году в Санкт-Петербурге, рекомендовала рассмотреть возможность включения использования системы «Чайка»/«Лоран-С» в документы ИКАО.

Россия также проинформировала, что разрабатываемые предложения по совершенствованию системы «Чайка» сходны с предложениями по созданию усиленной системы «Лоран-С» (e-Logan) в США.

Япония сделала сообщение о нарушении работы спутника № 23 в системе GPS 1 января с.г., о последствиях и мерах, принятых Береговой охраной Японии.

В решении Совета были отражены итоги деятельности каждой из сторон по предоставлению навигационных услуг и перспективы развития радионавигационных систем в Дальневосточном регионе. Вместе с тем, корейской и особенно японской сторонами была отмечена необходимость выполнения Россией Соглашения и ранее достигнутых договоренностей по введению в эксплуатацию Российско-Японской и Корейско-Российской объединенных РНС «Чайка»/«Лоран-С».

Членами Совета была высказана благодарность Российской стороне за теплый прием и отмечен высокий организационный уровень проведения заседания. Очередное заседание Совета ФЕРНС пройдет в октябре 2005 года в г. Сеуле (Корея).

Журнал «Новости навигации» продолжит публикацию наиболее интересных материалов XIII заседания Совета ФЕРНС.

*В Российском общественном институте навигации*

25 мая 2004 года в помещении ГОСНИИ «Аэронавигация» состоялось заседание Секции воздушного транспорта Российского общественного института навигации с повесткой дня:

1. Доклад Окладникова А.О. (МАК) «Перспективы и возможные пути развития аэронавигационных систем государств-участников СНГ».
2. Доклад Овчарова В.Е. (МАК) «Некоторые эргономические причины ошибок пилотов».

В докладе Окладникова А.О. были подробно рассмотрены опыт и тенденции современной аэронавигации, аэронавигационные системы стран СНГ, а также вопросы гармонизации этих систем.

При обсуждении доклада, в котором приняли участие Щербаков Л.К. (ДГР ОрВД), Куранов В.П. (ГОСНИИ «Аэронавигация»), Степанова Е.Н. (ЦАИ ГА), Хариков А.А. (ГОСНИИ «Аэронавигация») и др., были затронуты вопросы глобализации аэронавигационных услуг и пути снижения их стоимости; оптимизации военно-гражданского взаимодействия; роли и места государства и коммерческих структур в финансировании ОрВД и аэронавигационного обеспечения полетов; необходимости решения проблем и путей гармонизации аэронавигационных систем в европейском регионе и странах СНГ.

Особое внимание было уделено необходимости своевременного выполнения требований, изложенных в документах ИКАО. Указывалось, что принятие важных решений по вопросам развития и совершенствования ОрВД и аэронавигационных систем осуществляется без привлечения научной общественности и широкого предварительного обсуждения специалистами.

Участники обсуждения рекомендовали:

1. Принять к сведению информацию, изложенную в докладе и в ходе его обсуждения.
2. Новому Федеральному руководству гражданской авиации России:
  - рассмотреть предложения по гармонизации аэронавигационных систем стран СНГ и определить участие в ней России;
  - обеспечить приоритетное выполнение действующих и вводимых требований ИКАО, в частности, по переходу к общеземной Всемирной системе координат WGS-84;
  - рассмотреть вопрос о создании Аэронавигационного совета гражданской авиации России, предусмотрев в нем участие представителей научной общественности;
  - рассмотреть вопрос о порядке финансирования системы сбора, обработки и распространения аэронавигационной информации.

При обсуждении доклада Овчарова В.Е., в котором участвовали Кожурин В.А. (ЛИИ), Белгородский С.Л. (ГОСНИИ «Аэронавигация») и др., отмечалось, что по вопросу выбора вида индикации авиагоризонтов («вид с самолета на землю» и «вид с земли на самолет») были проведены широкомасштабные летные и наземные исследования в ЛИИ, ГОСНИИ ГА, НИИ АО, Институте авиационной и космической медицины и других организациях. К ним были привлечены пилоты с различными квалификацией, опытом работы и налетом на самолетах, оборудованных авиагоризонтами с разными видами индикации. Проведенные исследования выявили достоинства и недостатки обоих видов индикации. Вместе с тем, они показали, что ни один из видов индикации не имеет решающих преимуществ для гражданских самолетов.

Важнейшее значение при этом имеют обученность и натренированность пилотов, наличие отработанных на тренажере индивидуальных навыков и способов распознавания положения самолета и устойчивого навыка вывода в безопасное положение. Также отмечалось, что переход от одного вида индикации к другому связан со значительными материальными затратами. В этой связи, участники обсуждения рекомендовали принять меры по введению в ППЛС специальных упражнений и увеличению объема тренажерной подготовки, обратив особое внимание на упражнения по выведению самолета из сложного пространственного положения и управлению самолетом при потере пространственной ориентировки. Также было рекомендовано рассмотреть вопрос о введении в "Нормы летной годности" требования, предусматривающего режим автоматического вывода самолета в горизонтальный полет или вывода из крена.

Рассматривая вопросы расположения органов управления стабилизатором и триммером руля высоты, участники обсуждения отметили, что этим и другим эргономическим вопросам уделяется недостаточно внимания, нередко аргументом для того или иного эргономического решения является техническое решение, принятое на зарубежных ВС, что не всегда совпадает со стереотипом деятельности российских экипажей с их предысторией и профессиональным опытом.

По вопросам ознакомления и снятия копий материалов доклада Окладникова А.О. обращаться по тел. 190-39-32 к Ройзензону А.Л.

\*\*\*

### Наши поздравления

31 июля 2004 года исполнилось 70 лет заслуженному деятелю науки и техники РФ, профессору, доктору технических наук, генерал-майору авиации, члену Совета Российского общественного института навигации, члену редколлегии нашего журнала Михаилу Семеновичу Ярлыкову.

М.С. Ярлыков родился в Ташкенте. Среднюю школу окончил с серебряной медалью в 1952 г. в г. Наманган (Узбекистан). В 1957 г. завершил с золотой медалью учебу в Харьковском военном авиационном инженерном училище и стал инженером-испытателем ГК НИИ ВВС.

Затем Михаил Семенович связывает свою судьбу с Военно-воздушной инженерной академией им. проф. Н.Е. Жуковского и с научной школой профессора В.И. Тихонова. В 1964 г. защищает кандидатскую диссертацию и продолжает свое образование. В 1967 г. заканчивает механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. Хорошая математическая подготовка и эрудиция позволили Михаилу Семеновичу в сравнительно короткий срок завершить работу над докторской диссертацией и успешно защитить ее в 1973 г.

Основные работы М.С. Ярлыкова сосредоточены в области развития и приложения марковской теории оптимального нелинейного оценивания (МТОНО) к различным практическим задачам радиотехники, связанным с разработкой систем связи и радионавигации, к синтезу сложных радиоэлектронных авиационных комплексов. Михаилом Семеновичем и его учениками проведены обширные исследования в области синтеза алгоритмов комплексной обработки сигналов доплеровских измерителей, радиовысотометров, радиосистем ближней, дальней и космической (ГЛОНАСС, GPS) навигации и информации нерадиотехнических навигационных средств, созданы основы статистической теории радионавигации.

К настоящему времени у М.С. Ярлыкова более 230 научных трудов, в том числе 7 монографий, 8 учебников, 56 изобретений. Среди прочих монографии: «Применение марковской теории нелинейной фильтрации в радиотехнике». –М.: Сов. радио, 1980; «Статистическая теория радионавигации». –М.: Радио и связь, 1985; «Марковская теория оценивания случайных процессов», -М.: Радио и связь, 1993 (вместе с Мироновым М.А.), «Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС». –М.: ИПРЖР, 1998 (вместе с коллективом авторов) и др.

С 1976 по 1994 гг. М.С. Ярлыков - начальник кафедры ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского.

Им создана научная школа анализа и синтеза авиационных радиоэлектронных комплексов, насчитывающая 6 докторов и 25 кандидатов технических наук.

К своему юбилею М.С. Ярлыков подошел полным творческих сил и новых замыслов. Наряду с выполнением служебных обязанностей профессора ВВИА им. Н.Е.



Жуковского М.С. Ярлыков активно участвует в научно-технических конференциях, проводит большую общественную работу в качестве заместителя главного редактора журнала «Радиотехника», члена экспертного совета ВАК, действительного члена Академии инженерных наук, Международной академии связи, Международной академии информатизации, постоянного участника мероприятий НТЦ «Интернавигация» и Российского общественного института навигации с момента его основания. Он является почетным профессором ВВИА им. Н.Е. Жуковского, почетным членом Российского НТО РЭС им. А.С. Попова, лауреатом премии им. С.Н. Мосина.

Коллектив ФГУП НТЦ «Интернавигация», Российский общественный институт навигации и редколлегия журнала «Новости навигации» поздравляют глубокоуважаемого Михаила Семеновича с важной вехой на жизненном пути, желают ему доброго здоровья и новых успехов в общей работе.

*Научно-технические статьи, обзоры, рефераты*

**Радионавигационные системы дальнего действия с наземным и космическим базированием как глобальная система электромагнитного мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений**

*Балов А.В., Жолнеров В.С, Зарубин С.П., Кабилов А.И.,  
Писарев С.Б., Семенов Г.А., Шебшаевич Б.В. (РИРВ)  
Царев В.М. (НТЦ «Интернавигация»)*

**1. Физическое обоснование возможности создания глобальной системы электромагнитного мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений**

Землетрясения на нашей планете происходят часто, и каждый раз они приносят большой материальный ущерб и гибель многих тысяч людей. Мировая статистика показывает, что ежегодно происходит в среднем около 100 землетрясений с магнитудой 6 и выше. Ежегодно происходит около 20 землетрясений с магнитудой выше 7. Ученые давно пытаются ответить на вопросы: «Где произойдет очередная катастрофа? Когда? Какой разрушительной силы?».

Проблеме прогнозирования землетрясений, т.е. изучению их природы, анализу воздействия, методам прогноза в нашей стране и за рубежом уделяется большое внимание. Так, по заказу МЧС России разработана концепция создания Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений (ФССН-1) [1], разработчиками которой являются Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Сейсмологический центр Института геоэкологии РАН, геофизические службы России, сейсмологические партии и другие.

Задачами ФССН-1 являются:

- создание автоматизированной системы сбора, накопления и обработки наблюдений, включающих наблюдения за полями радионавигационных систем (РНС) наземного и космического базирования различных диапазонов волн, интерпретация полученной информации и принятие решений по оценке предполагаемого уровня сейсмической опасности и прогнозу землетрясений с последующей оценкой их последствий для населения и промышленных объектов;
- внедрение и практическое использование современных методов и программных средств для решения перечисленных выше задач;
- создание Федерального центра прогнозирования землетрясений;
- обеспечение реализаций системных принципов принятия решений и т.д.

В качестве одной из составных частей ФССН-1 является разработка пускового комплекса радиоволновой системы краткосрочного прогноза землетрясений, принцип построения которого основан на мониторинге вариаций параметров электромагнитных антропогенных полей различных диапазонов радиоволн [2, 3, 4, 5], включая поля радионавигационных систем наземного и космического базирования (отечественная фазовая РНС диапазона СДВ «Альфа», импульсно – фазовые РНС диапазона ДВ «Тропик – Чайка» и «Лоран-С» и спутниковые РНС ГЛОНАСС и GPS).

Экспериментально – теоретические исследования радионавигационных полей показали, что параметры сигналов этих систем при распространении через сейсмоактивные области претерпевают аномальные вариации в периоды времени, предшествующие землетрясениям, что позволяет на основе электромагнитного мониторинга этих вариаций создать глобальную систему краткосрочных предвестников землетрясений (КПЗ). Глобальность такой системы определяется большой мощностью наземных передающих станций ФРНС и относительно слабым затуханием радиоволн диапазона СДВ, распространяющихся в волноводном канале земля–ионосфера, что позволяет осуществлять уверенный прием сигналов на удалениях более 10,0 Мм; большим числом наземных передающих станций ИФРНС, использующих земную волну, и глобальностью зон действия СРНС.

Дополнительные величины запаздывания и затухания земных волн диапазона ДВ, определяемые изменением проводимости земной поверхности, и волн диапазона СДВ в зависимости от вариаций параметров ионосферы и земли в периоды, предшествующие землетрясениям, могут достигать десятков сантициклов фазы высокочастотного заполнения при изменении амплитуды сигналов на десятки процентов.

Процессы подготовки землетрясений, проходящие в литосфере Земли, проявляются не только на ее поверхности, но и в ионосфере. К возможным физическим признакам, предшествующим землетрясениям, можно отнести выделение инертного газа радона в атмосферу вдоль зон активных разломов, особенно из глубоких скважин. К настоящему времени можно считать установленной связь землетрясений с содержанием радона, более того имеется связь между энергией землетрясения и временем от начала устойчивого повышения концентрации радона [6]. Установлено, что увеличение выделения радона влечет за собой уменьшение электрического сопротивления водонасыщенных пород [6], изменение проводимости приземного слоя атмосферы и сопровождается изменением напряженности естественного электрического поля [6], возникновением участка возмущенной ионосферы с повышенной относительно соседних участков концентрацией носителей заряда [7].

По результатам наблюдений методами наземного и спутникового вертикального зондирования [7] были установлены основные характеристики ионосферных предвестников землетрясений: изменение электронной концентрации на всех

ионосферных уровнях и высотах; изменение регулярных параметров волноводного канала земля-ионосфера, генерация слабых переменных электромагнитных полей в диапазоне частот от единиц до десятков килогерц; образование во всей толще ионосферы неоднородностей различных масштабов с размерами (1...4) Мм, перемещающихся на расстояния (7...15) Мм вдоль дуги большого круга; изменение уровня земной поверхности и т.д. В Объединенном институте физики Земли РАН разработана концепция использования СРНС [8] для прогноза землетрясений, суть которой заключается в размещении сети высокоточных приемников сигналов СРНС и регистрации перемещения земной коры по аномальным вариациям псевдодальностей от спутника до точки приема. Количественная оценка прогностических параметров производится путем сравнения концентрации носителей заряда в ионосфере накануне землетрясения и в невозмущенных условиях, рассчитанной по моделям сейсмологических и сейсмоионосферных возмущений [8].

При построении системы глобального мониторинга предвестников землетрясений на основе РНС различных диапазонов волн необходимо учитывать все многообразие гео- и гелиофизических факторов, влияющих на амплитуду и фазу сигналов. Необходимо установить критерии для выявления связи проявившихся аномалий с источниками сейсмологической природы, имея в виду, что в настоящее время степень изученности проявления эффектов от землетрясений в вариациях параметров радиоволн далека от желаемой, и очень сложной задачей является отбраковка маскирующих и сопутствующих эффектов при идентификации причины аномалий.

Одновременный прием и обработка сигналов РНС наземного и космического базирования на контрольных пунктах системы, привязка с высокой точностью временных шкал всех систем и их компонентов к единой шкале времени, возможность организации связного режима работы наземных передающих станций РНС ДВ и СДВ диапазонов для передачи команд управления и корректирующей информации позволяют не только обнаружить предвестник землетрясения, но и оценить его интенсивность и определить координаты эпицентра.

Наиболее существенным достоинством предлагаемой концепции является то, что в ней используются информационные поля действующих РНС и аппаратура потребителей этих систем, разработанная Российским институтом радионавигации и времени (РИРВ), что минимизирует материально – технические затраты и время на создание сети пунктов мониторинга.

Для иллюстрации проявления эффектов, предшествующих землетрясениям, на рис. 1 показаны аномалии в вариациях фазы сигнала частоты 10,2 кГц, заключающиеся в смещениях пиков суточного хода за трое суток до землетрясения [9], а на рис. 2 показаны подъем и резкие всплески амплитуды сигнала частоты 12,0 кГц, наблюдаемые за несколько часов до события [10].

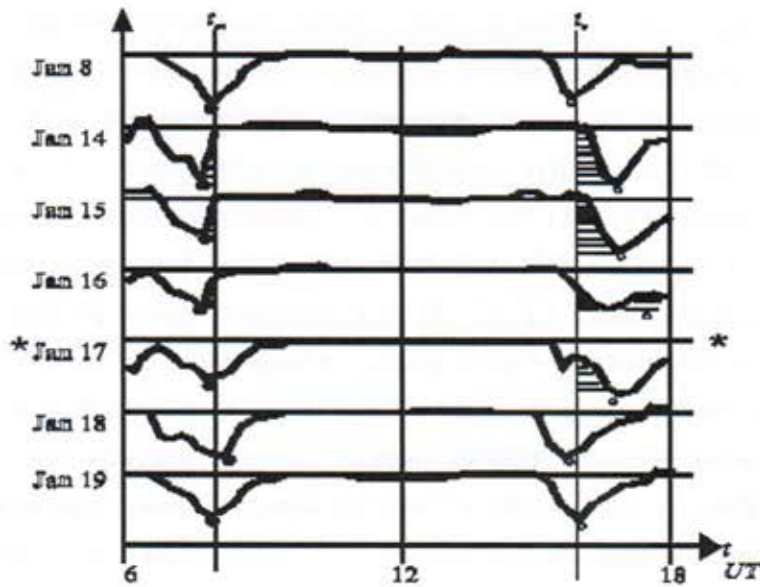


Рис. 1. Суточные вариации фазы  $\varphi$  сигнала  $f = 10,2 \text{ кГц}$  на трассе о. Цусима – п. Инубо ( $\varphi = 35^{\circ}42' \text{ N}, \lambda = 140^{\circ}52' \text{ E}$ ) в январе 1995 г. (\* - момент землетрясения)

## 2. Концепция автоматизированной системы мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений на базе РНС «Альфа», «Тропик-2 Чайка» и СРНС ГЛОНАСС, GPS

В настоящей работе предлагается концепция создания автоматизированной системы мониторинга КПЗ в наиболее сейсмоактивной зоне на территории РФ на базе интегрирования информационных полей Дальневосточной цепи станций ДВ ИФРНС «Чайка», СДВ ФРНС «Альфа», СРНС ГЛОНАСС/GPS и аппаратуры потребителей этих систем, разработанной РИРВ.

В настоящее время дальневосточный регион России обеспечен навигационными полями ФРНС «Альфа», двух цепей ИФРНС: Российско-американской цепи «Чайка»/«Лоран-С» (рис. 3) и объединенной системы, состоящей из Восточной цепи станций ИФРНС «Чайка» и японской станции «Лоран-С» о. Хоккайдо, и СРНС ГЛОНАСС/GPS.

Из рисунков видно, что навигационные поля этих систем перекрывают территории наиболее сейсмоопасных районов региона: Камчатку, Сахалин и побережье Охотского и Японского морей. На этих территориях предлагается развернуть систему мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений (КПЗ). Структурная схема такой системы на примере ИФРНС приведена на рис. 4.

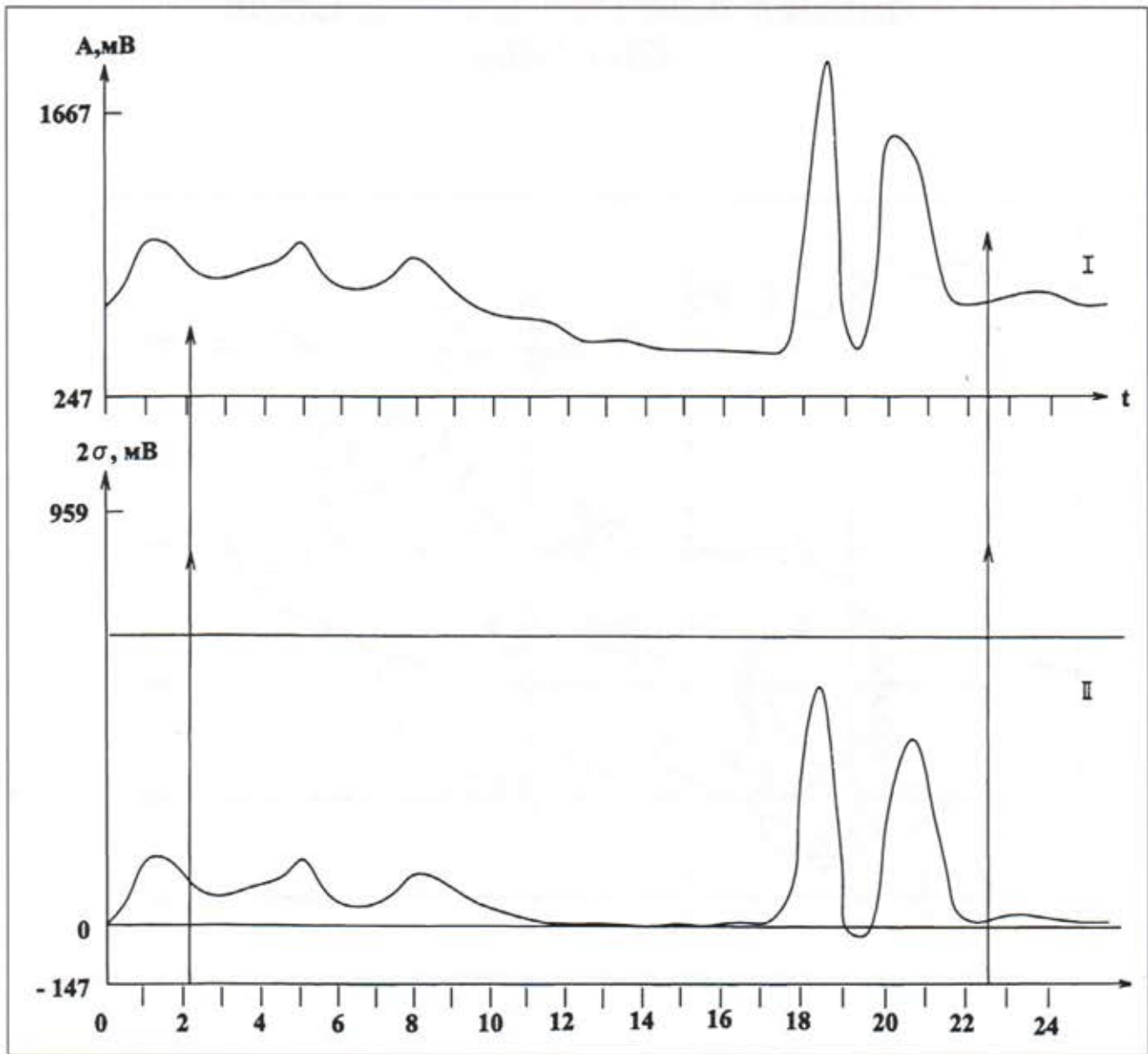
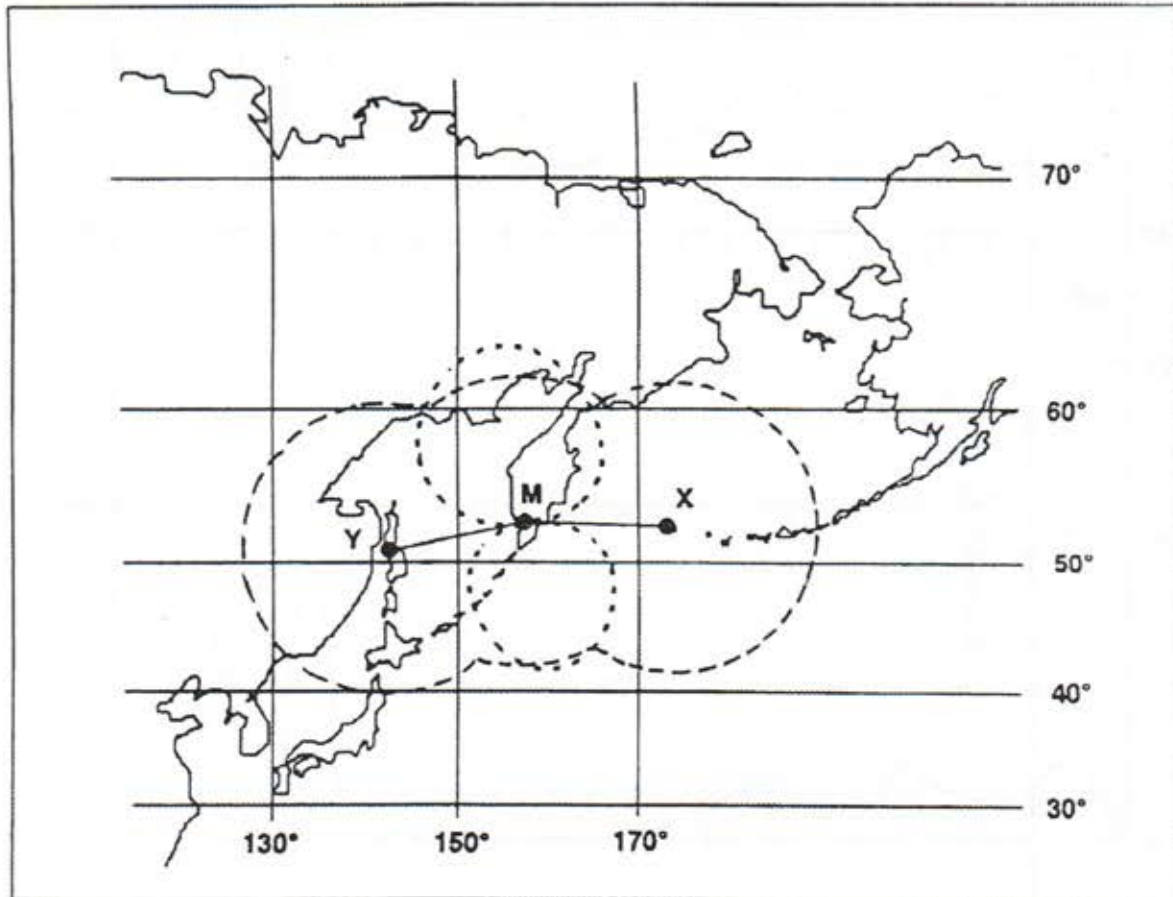


Рис. 2. Пример записи амплитуды СДВ-сигнала (I) 21.02.1997 г. и ее обработки (II)

На рис. 5 представлена обобщенная структурная схема зонального контрольного пункта мониторинга (ЗКП). Комплекс аппаратуры включает приемники наземных и спутниковых РНС, сигналы последних используются для мониторинга КПЗ и синхронизации шкал времени всех объектов с точностью, обеспечивающей дальномерный режим работы наземных РНС.

Аппаратура работает в автоматическом режиме. В случае обнаружения аномалии условий распространения включается модем линии связи с центральным пунктом мониторинга (E-mail) и осуществляется передача признака трассы, на которой зафиксирована аномалия и значение ее приращения над пороговым уровнем. Одновременно подаются звуковые и световые сигналы персоналу ЗКП. Кроме того, предусматривается режим запроса данных со стороны центрального монитора.

## Russian American Loran-C Chain GR1 5980



SNR 1:3  
 Fix Accuracy 1/4 NM (95% 2 dRMS)  
 Atmospheric Noise 44.4 dB above 1 $\mu$ V/m

Transmitter	Coordinates	CD ( $\mu$ S)	Power (kW)
M Petropavlovsk, CIS	53°07'47.584"N 157°41'42.900"E	700	700
X Attu, AK, USA	52°49'44.134"N 173°10'49.528 E	11000	400
Y Alexandrovsk, CIS	51°04'42.80" N 142°42'04.95" E	28000	700

NOTE: Estimated Groundwave Coverage, actual coverage will vary.

Рис. 3. Российско-американская система «Чайка»/«Лоран-С». Окружностями обозначены зоны дальнего мониторинга КПЗ

Созвездие спутников ГЛОНАСС

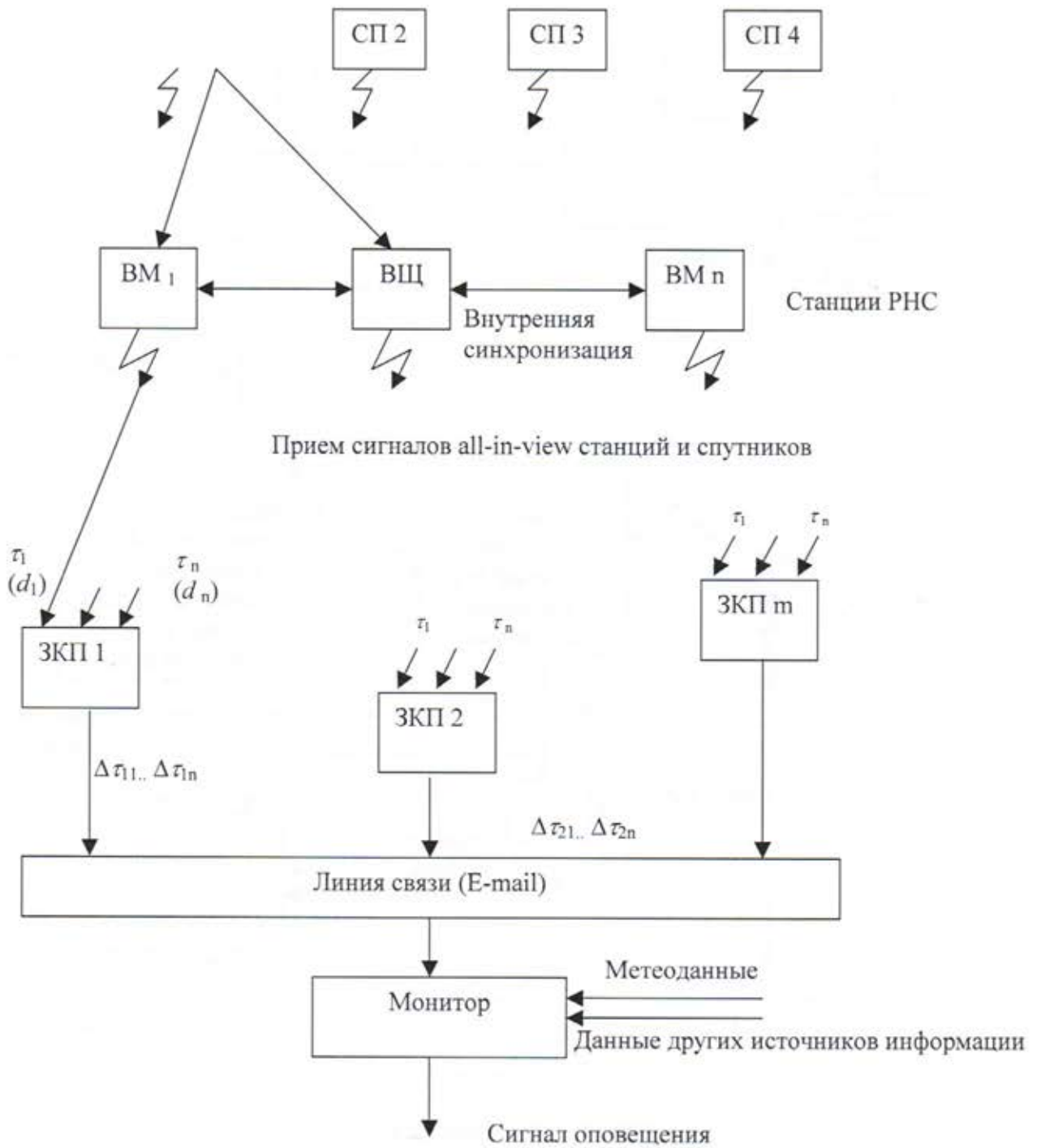


Рис. 4. Структурная схема системы мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений с использованием информации РНС, синхронизированной по сигналам ГЛОНАСС



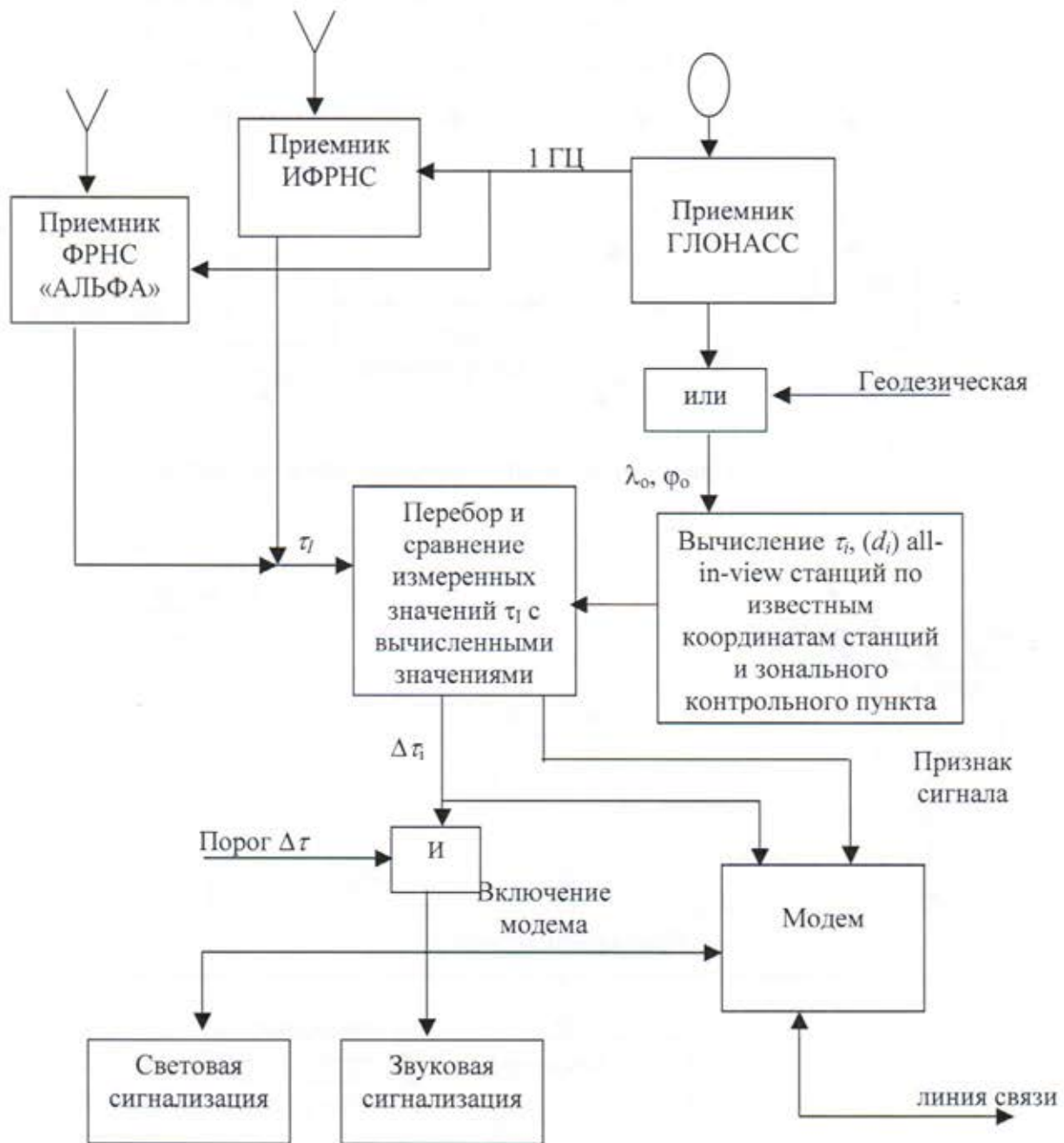


Рис. 5. Структурная схема ЗКП

После обработки и анализа информации с учетом данных метеослужб и других возможных источников, выдается соответствующий сигнал оповещения служб Министерства чрезвычайных ситуаций и др.

Стационарный режим работы ЗКП позволяет повысить избирательность приемной аппаратуры до такой степени, чтобы обеспечить минимизацию маскирующих эффектов от источников помех различного происхождения.

Компактность аппаратуры и возможность автоматической работы практически в необслуживаемом режиме позволяет размещать ее, например, в почтовых отделениях связи населенных пунктов и т.п. Подобный опыт работы был успешно реализован при создании дифференциальной подсистемы «Рейдер» СДВ ФРНС «Альфа».

### **3 Перспектива использования РНС с наземным базированием в качестве средства расширения функциональных возможностей СРНС**

Далее описывается комплекс мониторинга КПЗ с реализацией прецизионной привязки временных шкал субъектов к сигналам системы Единого времени средствами СРНС.

Это один из примеров осуществления расширения функциональных возможностей РНС наземного базирования за счет их интеграции со спутниковыми системами радионавигации.

Вместе с тем, исследования, проводимые за рубежом и коллективом РИРВ, показывают, что в свою очередь и наземные РНС могут использоваться в качестве эффективного средства расширения функциональных возможностей СРНС.

К настоящему времени в спутниковых радионавигационных системах широкое распространение получили дифференциальные методы навигационных определений с использованием каналов передачи данных на базе передающих станций морских радиомаяков средневолнового диапазона. Малая дальность действия маяков, привязка их рабочих зон к морскому побережью и недостаточно высокая скорость передачи данных существенно ограничивают их использование широким кругом потребителей (помимо морских и речных судов).

Существующие каналы служебной связи в ИФРНС, в которых для передачи данных используется парафазная манипуляция ( $0^0-180^0$ ) высокочастотного заполнения одиночного радиоимпульса, излучаемого дополнительно к навигационному пакету радиоимпульсов, имеют высокую надежность, но малую пропускную способность. Скорость передачи данных колеблется в зависимости от частоты повторения пакетов навигационных сигналов от 5 до 10 бит/с. Увеличение скорости передачи данных передающими станциями РНС позволило бы создать обширные зоны дифференциальных подсистем спутниковых радионавигационных систем с радиусом действия (800...1000) км вокруг всех действующих передающих станций РНС. Диапазон изменения дальности определяется мощностью излучения передающих станций РНС и различием условий распространения радиоволн в рабочих зонах.

Увеличение скорости передачи данных до величин, приемлемых для большинства потребителей, включая потребности авиации на всех этапах маршрута, сопряжено с проблемой поиска такого вида модуляции и помехоустойчивого кодирования информации, который исключал бы полностью или минимизировал до приемлемого уровня влияние передачи связной информации на характеристики принимаемой потребителями радионавигационной информации.

Исследования в этом направлении проводятся в России и за рубежом в течение ряда лет.

К настоящему времени специалистами РИРВ совместно с персоналом Центра дальней радионавигации (ЦДРН) ВВС России проведено несколько экспериментальных передач данных с повышенной скоростью с использованием действующих передающих станций различных цепей РНС. Так, уже в мае 1999 г. ведущая станция Европейской цепи РНС «Тропик-2» осуществляла экспериментальную передачу дифференциальных поправок систем GPS и ГЛОНАСС, прием которых производился специально разработанной приемной аппаратурой в г.г. Минск и Симферополь.

Аппаратура модулятора передатчика была разработана специалистами РИРВ, программное обеспечение и аппаратура контрольного пункта были поставлены голландской фирмой Reelectronika. Прием сигналов спутниковых систем на ведущей станции и на контрольном пункте осуществлялся приемником GG24 фирмы Ashtech.

В результате эксперимента были получены следующие данные: СКП определения координат, с учетом дифференциальных поправок, переданных по каналу передачи данных РНС, составила:

на расстоянии 400 км (Минск) по  $\lambda = 1,23$  м; по  $\varphi = 2,19$  м;

на расстоянии 1100 км (Симферополь) по  $\lambda = 1,39$  м; по  $\varphi = 3,37$  м.

Проверка показала также, что выбранный тип модуляции (трехуровневая модуляция временного положения шести последних импульсов пакета навигационных сигналов) на прием навигационной информации штатной бортовой аппаратурой влияния не оказывает [11]. Программное обеспечение и аппаратура, использованные в ходе этого эксперимента, позволяют в кратчайшие сроки реализовать передачу дифференциальных поправок СРНС на любой действующей в настоящее время станции РНС «ТРОПИК-2». Скорость передачи данных с учетом применения корректирующих кодов составляет 35 бит/с (скорость передачи необработанных «сырых» данных составляет 70 бит/с).

В 2000 г. была проведена проверка надежности работы модифицированного канала передачи данных, разработанного специалистами РИРВ без участия иностранных специалистов. Аппаратура передачи и приема данных была установлена на передающих станциях Северной цепи РНС «Тропик-2С», расположенных в районе населенных пунктов Инта и Туманный (расстояние 1100 км). Цель эксперимента заключалась в проверке надежности канала передачи данных в условиях Крайнего

Севера при использовании для кодирования информации различных вариантов кодов Рида-Соломона.

В декабре 2001 г. была осуществлена проверка математического обеспечения и аппаратуры передачи и приема дифференциальных поправок спутниковых систем GPS и ГЛОНАСС, разработанных специалистами РИРВ, на экспериментальной линии института [12]. Для передачи поправок использовался передатчик с мощностью излучения порядка 6 кВт, находящийся на расстоянии 120 км от Института, в котором был установлен пункт приема и обработки данных. Структурные схемы передающей и приемной аппаратуры представлены на рис. 6 и 7. Для передачи корректирующей информации использовался модифицированный формат RTCM SC-104 тип 9. Длина сообщения с дифференциальными поправками для одного видимого спутника составляла 56 бит. Передача такого сообщения занимала 16 периодов повторения пакетов навигационных сигналов (порядка 8 секунд). При соотношении сигнал/шум, равном 5, среднеквадратическая ошибка определения места в дифференциальном режиме не превышала 0,66 м. Так же, как и в первом эксперименте, здесь использовался трехуровневый принцип модуляции временного положения шести последних импульсов навигационного пакета. Аналогичный принцип модуляции при передаче данных применяется на некоторых станциях Северной Европейской системы «Лоран-С».

В апреле 2003 года в РИРВ завершены государственные испытания нового комплекса аппаратуры управления и синхронизации, который позволяет обеспечить передачу дифференциальных поправок СРНС и другой оперативной информации со скоростью от 35 до 80 бит/сек любой передающей станцией ИФРНС. Изготовлено несколько комплектов аппаратуры и уже в 2003 году планируется их размещение на передающих станциях ИФРНС «Тропик». В течение 3-5 лет этой аппаратурой будут оборудованы все передающие станции ИФРНС. В настоящее время специалисты нашего института, так же как и специалисты группы поддержки системы «Лоран-С» Береговой Охраны США, продолжают исследования различных методов модуляции с целью увеличения пропускной способности канала передачи данных РНС до 250 бит/с [13]. Это позволит обеспечить требования к каналу передачи данных в спутниковых системах LAAS и WAAS, предназначенных для обеспечения радионавигации летательных аппаратов на всех этапах полета, включая точный заход на посадку.

Анализируются варианты пятиуровневой модуляции временного положения импульсов в навигационном пакете, внутриимпульсной частотной модуляции, введение в пачку дополнительных импульсов для связи в промежутках между навигационными импульсами. Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в США, показали, что наилучшие результаты дает комбинированный способ модуляции временного положения импульсов в сочетании с внутриимпульсной частотной модуляцией.

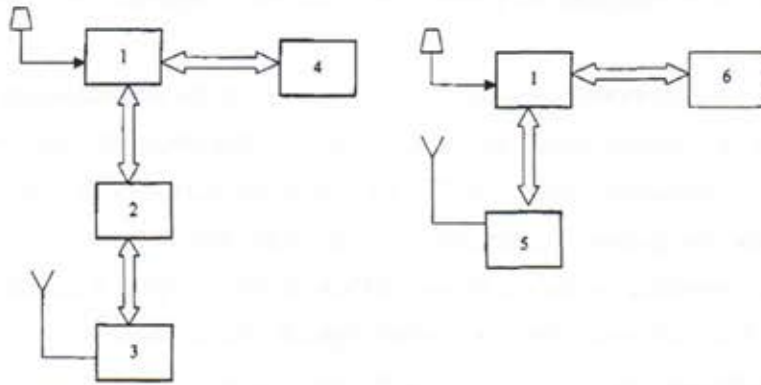


Рис. 6. Блок - схема приемной части системы передачи дифференциальных поправок:

1. Приемник сигналов СРНС К-161.
2. Программа приема данных от приемника монитора, программа демодуляции и декодирования сообщений, восстановления формата RTCM SC-104, связи с К-161 и передачи ДП.
3. Приемник канала передач данных РНС БАЛТИКА-М.
4. Программа управления приемником К-161 и регистрации его сообщений.
5. Макет приемника ДП.
6. Программа управления и регистрации сообщений приемника К-161.

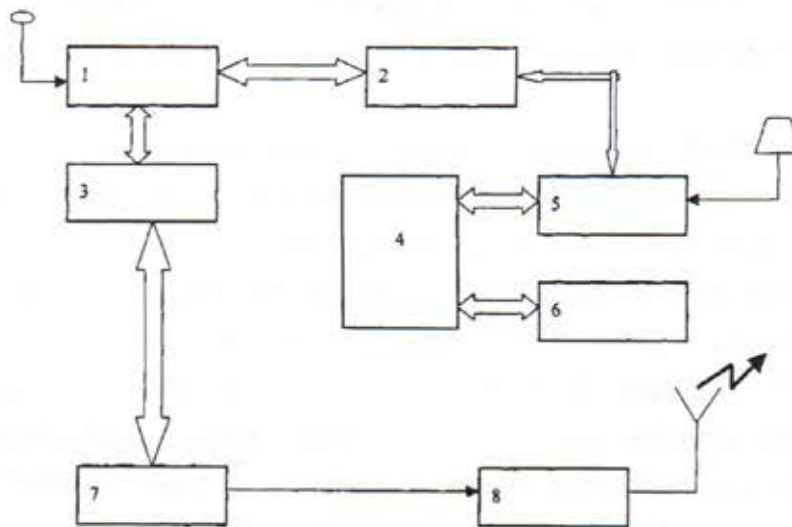


Рис. 7. Блок схема передающей части опорной станции РНС, передающей поправки СРНС:

1. Приемник GG24 СРНС.
2. Программы управления датчиками GG24 и К-161 и регистрации сообщений.
3. Программы обеспечения приема дифференциальных поправок в формате RTCM SC-104 тип 1, преобразования сообщения типа 1 в формат передачи данных РНС, кодирования сообщений, генерирования кодов модуляции и связи с опережающей (прямой) коррекцией ошибок.
4. Программы приема данных от приемника монитора, демодуляции и декодирования сообщений, восстановления формата RTCM SC-104, связи с К-161 и передачей ДП.
5. Приемник сигналов СРНС К-161
6. Приемник РНС «Балтика-М».
7. Аппаратура управления и синхронизации передатчика РНС.
8. Передатчик.

Для передачи необработанных данных со скоростью 500 бит/с потребуется порядка 21 периода навигационных пакетов. Вероятность ошибки передачи символа при соотношении с/ш  $\geq 10$  дБ равна  $10^{-7}$ . Однако переход к такому виду модуляции сопряжен не только с доработкой программного обеспечения аппаратуры управления и синхронизации, но и к аппаратурной доработке непосредственно передатчика.

### Выводы

1. Результаты экспериментальных и теоретических исследований показывают, что на основе электромагнитного мониторинга сигналов РНС наземного и космического базирования возможно создание глобальной системы краткосрочного прогнозирования землетрясений.

2. Достоинством предлагаемой системы КПЗ является использование навигационных полей действующих РНС и существующей аппаратуры потребителей этих систем, разработанных РИРВ.

3. Организация информационных каналов в РНС наземного базирования и их использование в РНС космического базирования существенно расширяет функциональные возможности последних.

4. Мониторинг электромагнитных полей РНС наземного и космического базирования дополнительно может способствовать решению ряда проблем прикладного и фундаментального характера: детектирования крупномасштабных ионосферных возмущений; коррекции математических моделей ионосферы, озоносферы, магнитного поля Земли, карт проводимостей земли; определения скоростей и направлений движения ветра и дрейфа ледовых полей и т.д.

5. Учитывая важность и актуальность решения задач краткосрочного прогнозирования землетрясений и реализации информационных каналов в РНС наземного базирования, необходима специальная программа для финансирования и формирования работ в этих направлениях.

### Литература

1. Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений информационно-аналитический бюллетень: Системный проект по развитию Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений (основные положения). - М., 1995.
2. Балов А.В., Семенов Г.А., Зарубин С.П., Кабиров А.И. Радионавигационные системы дальнего действия диапазонов ДВ и СДВ как глобальные системы электромагнитного мониторинга краткосрочных предвестников землетрясений // XXI научно-техническая конференция «Создание автоматизированных информационно-управляющих систем глобального наблюдения», Москва, 14-16 февраля 2001 г.
3. Вербин Ю.П., Кишук В.П., Семенов Г.А., Болошин С.Б. К проблемам прогнозирования землетрясений по данным мониторинга естественных и антропогенных электромагнитных полей. - Радионавигация и время, 1996, №1, 2(3).
4. Балов А.В., Вербин Ю.П. Импульсно-фазовая навигационная система как инструмент для диагностики краткосрочных предвестников землетрясений: - Сб. тезисов межрегионального симпозиума, С.-Петербург, 13-15 сентября 2000 г.
5. Реутов А.П., Маренко В.Ф. Концепция построения радиоволновой системы прогнозирования землетрясений: экспериментальные результаты. - М., 1995. - 46 с.
6. Болт Б. Землетрясения: Общедоступный очерк: Пер. с англ. - М.: Мир, 1981. - 256 с.
7. Воинов В.В., Демьяненко А.В., Ледовской И.С., Чалый А.А., Яскевич В.Э. Применение сети контрольно-корректирующих станций для сейсмического мониторинга Земли. - Сб. трудов III

- Международной конференции "Планирование глобальной радионавигации", Москва, 9-11 октября 2000 г.
8. Прилепин М.Т. Использование глобальных спутниковых систем для изучения деформации земной коры. «Динамика континентальной литосферы». Подвижные пояса // Под ред. Н.А. Логачева и В.С. Хромовских. - М.: Недра, 1994. -281 с.
  9. Molchanov O.A., Naya Kawa M., Ondoh T., Kawai E. Precursory effects in the subionospheric VLF signals for the Kobe earth quake. *Physics of The Earth and Planetary Interiors* 105, 1998.
  10. Козакова Н.А., Колесник А.Г., Шинкевич Б.М. Аномальные вариации амплитуды СДВ-сигнала, связанные с процессами подготовки землетрясений. - *Физика земли*, 2000, № 7.
  11. Abramov L., Balov A., Hitrun G., Zholnerov V. «CHAYKA Experiment on EUROFIX Technology». Proc. «NORNA 99», Stockholm, 1999.
  12. Pisarev S., Balov A., Zholnerov V. Zarubin S., Borovsky V., Kichigin V., Neuymin B. «CHAYKA Current Status and Problems to be Solved for its Integration with LORAN-C, GNSS, EGNOS, WAAS Using EUROFIX Technology», Proc. of International Symposium on Integration LORAN-C, GNSS, EGNOS, WAAS and EUROFIX, Munhen, 3-10 June, 2002.
  13. Peterson B., Dykstra K., Swaszek P., Boyer G.M., Carroll K.M., Johannessen P.R., Narins M. «WAAS messages via LORAN Data Communications – Technical progress towards going operational», ION NTM 2002, 28-30 January 2002, San Diego, CA.

## Использование ИФРНС для реализации дифференциального режима спутниковой навигации

*Соловьев Ю.А., Царев В.М.*

Одним из возможных направлений создания дифференциальных подсистем (ДПС) спутниковых радионавигационных систем (СРНС) ГЛОНАСС и GPS является использование импульсно-фазовых радионавигационных систем (ИФРНС) «Чайка» для передачи дифференциальных поправок и служебной информации [1-19] и создание соответствующих региональных ДПС (РДПС).

Это направление предполагает, в частности, использование технических решений проекта Eurofix (Еврофикс) создания региональных спутниковых ДПС ГЛОНАСС/GPS на основе использования передающих станций ИФРНС радиотехнических систем дальней радионавигации (РСДН) «Лоран-С» в качестве средств передачи дифференциальных поправок и информации контроля целостности.

**Общая структура РДПС на основе ИФРНС.** Общая структура РДПС СРНС на основе ИФРНС может быть проиллюстрирована рис. 1, на котором показана контрольно-корректирующая станция (ККС) СРНС, расположенная вблизи передающей станции ИФРНС. На ней происходит контроль целостности, расчет поправок, формирование сообщений, которые посылаются на кодер, а затем - на модулятор передатчика.

Соответствующая приемная аппаратура демодулирует принимаемое сообщение, декодирует его, преобразует к виду, соответствующему стандартам NMEA 0183 и RTCM- SC-104, и передает его в навигационную аппаратуру потребителя СРНС ГЛОНАСС/GPS.



Рис. 1. Обобщенная структурная схема РДПС на основе ИФРНС

Отмечается ряд преимуществ такого решения перед другими вариантами создания РДПС:

- реализация на основе уже существующей структуры;
- охват большой площади при сравнительно невысоких затратах;



- обеспечение улучшенной работоспособности и доступности канала передачи данных в городских и горных районах;
- обеспечение резервирования при отказе работы систем «Лоран-С»/«Чайка» или ГЛОНАСС/GPS.

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

**Параметры линии передачи данных.** Станции «Лоран-С»/«Чайка» работают в длинноволновом диапазоне на частоте 100 кГц. Радиус действия системы с одной стационарной станцией порядка 800...1000 км.

Предварительные оценки [1] показали, что линии передачи данных (ЛПД) на основе станций ИФРНС могут обеспечить эффективную скорость передачи данных от 15 до 30 бит/с. При этом применяется асинхронный DGPS/ДГЛОНАСС формат данных.

Последние проработки основаны на том, что дифференциальные поправки и сигналы контроля целостности формируются на контрольно-корректирующей станции в виде сообщения RTCM типа 9. Они затем кодируются и модулируют сигнал передатчика ИФРНС. Используется трехпозиционная модуляция временного положения импульса (на +1 мкс, 0 мкс, -1 мкс). Модулируются только 6 последних импульсов группы (из 8). При этом возможно получение  $3^6=729$  комбинаций. Из них 141 является сбалансированной, имеющей равное число опережений и задержек. 128 таких комбинаций используется для представления 7 разрядов данных. В таблице 1 приведены примеры перехода к семиразрядным символам.

Таблица 1. Соответствие модуляционных комбинаций и символов данных

Модуляционная комбинация	Представление двоичных чисел
--00++	1000000
--0+0+	0100000
--0++0	0010000
--+0+0	0001000

Примечание: «-» = опережение на 1 мкс, «0»=без изменений, «+» =задержка на 1 мкс.

При этом за период следования пачки импульсов ИФРНС передается информация объемом 7 бит. В результате с учетом изменения периодов следования импульсов от 40 до 100 мс техническая скорость передачи данных колеблется в диапазоне от 70 до 175 бит/с. Расчеты показывают, что влияние дополнительной модуляции на работу стандартных приемников ИФРНС невелико, поскольку эффективное ослабление сигнала составляет не более 0,79 дБ [4]. Формат сообщений на основе [17] приводится в таблице 2.

Таблица 2. Формат сообщения для одного НКА

Параметр	Число разрядов	Разрешающая способность	Диапазон
Тип сообщения	3		8 типов
Модифицированный Z-отсчет	13		
Масштаб	1		2 состояния
UDRE	2		4 состояния
Идентификатор НКА	5		32 НКА
Поправка псевдодальности PRC	16	0,02 или 0,32 м	$\pm 655,34$ или $\pm 10485,44$ м
Поправка приращения псевдодальности RRC	8	0,002 или 0,032 м/с	$\pm 0,254$ или $4,064$ м/с
Серия данных	8		
CRC (контроль)	7		
Итого:	63		

Примечания: UDRE (User Differential Range Error) - дифференциальная погрешность определения дальности потребителем.

Ниже приведена таблица соответствий UDRE и диапазонов соответствующих среднеквадратических ошибок (СКО):

UDRE	Диапазон СКО
0 0	$СКО \leq 1$ м
0 1	$1 < СКО \leq 4$ м
1 0	$4 < СКО \leq 8$ м
1 1	$СКО > 8$ м

Параметр «Масштаб» имеет следующие характеристики: 0 соответствует разрешающей способности 0,02 м и 0,002 м/с, а 1 соответствует 0,32 м и 0,032 м/с. Под «серией данных» понимается параметр IOD GPS (8 бит) или параметр T<sub>b</sub> ГЛОНАСС [21]. Эти же параметры позволяют различать НКА GPS и ГЛОНАСС.

Помимо указанных в таблице 2 параметров необходимо учитывать наличие заголовка сообщения, идентификатора передающей станции и дополнительных разрядов для контроля четности.

Учитывается возможность влияния в этом канале ряда помех: атмосферных шумов, перекрестных помех, непрерывных помех типа «немодулированной несущей» и т.д. Поэтому для повышения помехоустойчивости применяются контроль четности, способный определять единичные ошибки, и корректирующие коды Рида-Соломона, способные исправлять пачечные ошибки. В приемнике сигналов ИФРНС сигнал

демодулируется, декодируется и передается в приемник СРНС для последующего использования при компенсации квазисистематических погрешностей и ошибок селективного доступа GPS (если они введены).

Важным вопросом является обеспечение целостности сообщения, поскольку использование недостоверной информации может повлечь за собой серьезные последствия. Поэтому вероятность необнаруженной ошибки должна быть весьма низкой. Целостность сообщения сохраняется посредством использования:

- контроля качества принимаемого сигнала, в котором определяется наличие или отсутствие перекрестных помех или повышенных атмосферных шумов;
- кодов Рида-Соломона и опережающих корректирующих последовательностей ошибок (Forward Error Correction, FEC);
- семиразрядного циклического контроля целостности (Cyclic Redundancy Check, CRC) с вероятностью не менее  $7,8 \cdot 10^{-3}$ .

Эффективная скорость передачи данных 15...30 бит/с позволяет передать корректирующее сообщение для одного НКА за 2...4 с, а все корректирующее сообщение на 10 НКА примерно за 20...40 с. Проведенная модернизация позволила передачу сообщения на один НКА осуществлять за время 1,2...3 с [19], а на 10 НКА - за время 12...30 с. Отметим также, что приведенные данные позволяют считать, что сообщение о нарушении целостности может быть выдано с задержкой на уровне 6 с.

Существуют предложения по повышению эффективной скорости передачи информации по каналу ИФРНС до 60...140 бод [13,14,20] за счет применения кодов модуляции с числом позиций более 3 (от 4 до 6) и увеличения длины посылки с 6 до 42 при заданной вероятности ошибки передачи контрольно-корректирующей информации менее  $3,3 \cdot 10^{-7}$  (случай посадки по I-й категории). При этом сдвиг импульсов пачки равен 0,75 или 0,875 мкс, а потери радионавигационной функции ИФРНС не превысят 0,52 дБ. Таким образом, использование предложений [20] обеспечивает повышение скорости передачи информации примерно в 2...4 раза по отношению к аналогичному показателю технологии Eurofix при использовании тех же решений по повышению достоверности передачи данных. Это может обеспечить передачу всего корректирующего сообщения на 10 НКА примерно за 5...8 с.

**Использование поправок.** Предполагается, что в ходе коррекции (ввода поправок) используются (для GPS) соотношения типа [17]:

$$PRC(t) = PRC(\text{новый IOD}) + RRC(\text{новый IOD}) \cdot (t - t_1),$$

где  $t$  - время ввода поправки,  $t_1$  - модифицированный Z-отсчет;

тогда скорректированная псевдодальность запишется в виде

$$PR(t) = PRM(t) + PRC(t),$$

где PRM - измеренное значение псевдодальности.

Последующее использование PR(t) требует комплексирования данных аппаратуры СРНС со средствами автономного счисления.

**Зоны работы РДПС на основе ИФРНС.** Зона работы РДПС, создаваемая одной передающей станцией ИФРНС ориентировочно представляет собой площадь, охватываемую окружностью радиусом 800...1000 км. Если РДПС создается с помощью нескольких станций ИФРНС одной цепи, то общая рабочая зона является результатом суперпозиции частных зон с учетом возможных наложений одной частной зоны на другую.

В работе [3] отмечается, что к настоящему времени в РДПС Еврофикс включены 4 станции Северо-Европейской цепочки (NELS) системы «Лоран-С»Еврофикс (Lessay), Зильт (Sylt), Верландет (Verlandet) и Бе (Boe). РДПС Eurofix в состоянии охватить Скандинавию, Данию, Германию, Францию, Испанию, Португалию, Нидерланды, Бельгию, Великобританию.

Исследуются также вопросы взаимодействия при использовании РДПС Еврофикс с ШДПС EGNOS в ходе навигационного обеспечения автомобильного, железнодорожного, морского и воздушного транспорта [6, 10].

К настоящему времени в России и странах СНГ развернуты и эксплуатируются три стационарные ИФРНС (РСДН-3, 4, 5) и семь мобильных систем. Расположение наземных станций известно и позволяет легко прогнозировать возможные рабочие зоны систем.

Имеются также предложения по созданию международной сети РДПС на основе технологии Еврофикс [8]. Эта сеть может использовать европейские станции «Лоран-С» и станции Европейской цепочки СНГ РСДН-3. Соответствующая зона действия сети, охватывает также Италию, Турцию и европейскую часть стран СНГ.

Существуют также предложения по созданию дальневосточной РДПС. Ее зона получается при включении в сеть РДПС всех станций «Лоран-С»/«Чайка» (РСДН-4) на Дальнем Востоке [10].

**Точность РДПС на основе ИФРНС.** Как показано в [2], точность (с вероятностью 95%) определения координат такой РДПС может быть не хуже 5 м. В работе [4] приводятся результаты исследования использования технологии Еврофикс применительно к европейской сети ИФРНС «Чайка» (РСДН-3). ККС СРНС была создана специалистами Нидерландов и России, установлена и сопряжена с аппаратурой ведущей станции (г. Брянск). Исследования проводились в районе г. Минска в период с 13 по 16 апреля 1999 г. и в районе г. Симферополь - в период с 19 по 21 апреля 1999 г. Отмечается, что измерения проводились в сложной помеховой обстановке, когда в Минске имели место промышленные сетевые и синхронные импульсные помехи, а в Симферополе - сетевые и периодические помехи со сложным спектром. Полученные результаты подтвердили ожидаемые погрешности, свойственные технологии Еврофикс; при этом СКО местоопределения составили [16]:

- по долготе 1,39 м и по широте 3,37 м на удалениях порядка 1000 км (Симферополь);

- по долготе 1,23 м и по широте 2,19 м на удалениях порядка 500 км от ККС (Минск).

В работе [18] приведена также полученная по экспериментальным данным зависимость изменения среднеквадратического сферического отклонения погрешности местоопределения, как функции расстояния  $L$  от контрольно-корректирующей станции и «возраста»  $t$  дифференциальной поправки:

$$\rho(t, L) = \rho_0 + at + bL, \text{ где } \rho_0 = 2,28 \text{ м, } a = 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ м/с, } b = 0,000438 \text{ м/км.}$$

Она, в частности, показывает, что в общем случае при возрастании  $L$  до 1000 км погрешность определения места возрастает на 0,4 м, а с учетом погрешностей аппроксимации - до 0,6...0,7 м, что не сильно противоречит полученным экспериментальным данным. При этом дополнительные ошибки за счет времени в пределах  $t \leq 50$  с не превышают 6 см.

**Аппаратура потребителей.** К настоящему времени предложено несколько технических решений. Так, для размещения на объектах с относительно невысокой скоростью движения разработан специальный приемник для приема корректирующей информации, передаваемой по каналу ИФРНС [15]. При этом не предполагается полная обработка сигналов ИФРНС и соответствующие навигационные определения. Приемник реализует обмен с приемником СРНС по последовательному каналу типа RS-232 в стандартах NMEA 0183 и RTCM- SC-104. При этом вероятность правильного приема сообщения не ниже 0,999 при соотношении сигнал/шум не менее 10 в полосе приемника 20 кГц и воздействии двух узкополосных помех в полосе от 70 до 130 кГц.

Сообщается [22] также о том, что фирма Reelektronika (Нидерланды) выпустила новый приемник LORADD, состоящий из двух частей: основного приемника «Лоран-С», способного также декодировать информацию Еврофикс, и модуля с программным обеспечением, которое позволяет на основе псевдодалностей GPS и «Лоран-С» определять местоположение пользователя. В LORADD приемник сигналов «Лоран-С»/«Чайка» (режим All-in-View) работает совместно с модулем u-blox TIM LP GPS, обеспечивающим прием сигналов GPS с функциями Еврофикс. Кроме того, LORADD позволяет принимать сигналы WAAS/EGNOS.

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

Возможное решение также может быть получено в ходе разработки канала ИФРНС в составе бортового спутникового навигационного авиационного приемондикатора А-737И МКБ «Компас» [18].

**Возможные области использования.** Вопросы использования РДПС на основе технологии Eurofix или [20] исследованы сравнительно мало, особенно в России. Можно лишь утверждать, что сравнительно большое время передачи одного сообщения

и, соответственно, малая частота передачи сообщений позволяют считать приемлемым использование РДПС на основе ИФРНС в первую очередь для обеспечения навигации сравнительно медленно движущихся объектов: автомобилей, речных и морских судов, вертолетов с высокоточными измерителями скорости, а также самолетов - на этапе маршрутного полета. В частности, отмечается [19], что «в сентябре 2000 г. Европейская Комиссия одобрила предложение по исследованию рабочих характеристик комплексной навигационной системы GPS/GLONASS/EGNOS/«Лоран-С»/Еврофикс специально для автодорожного и железнодорожного транспорта». При всех последующих рассмотрениях необходимо иметь в виду следующие провозглашаемые обобщенные потенциальные характеристики РДПС (таблица 3) на основе Еврофикс [8]:

Таблица 3. Потенциальные характеристики РДПС

Параметр	Значение
Доступность (готовность) сигнала в пространстве %:	
одна станция	99,8
две станции	99,9996
три станции	99,999999
Точность (95%), м:	
по горизонтали	1,5
по вертикали	3
Целостность:	6
задержка сигнала тревоги, с	(соответствует требованиям АДПС для посадки по категории I [23])
Непрерывность (вероятность появления ошибки)	$1 \cdot 10^{-4}$ за 150 с

Примечание: АДПС – авиационная локальная ДПС посадки типа GBAS (LAAS).

Высокие характеристики таблицы 3 нуждаются в подтверждениях применительно к конкретным системам. Необходимо также отметить следующее. Широкое использование российских ИФРНС, находящихся в ведении ВВС РФ, для передачи дифференциальных поправок СРНС должно предполагать организацию соответствующих работ на межведомственной основе с обеспечением заинтересованности в них различных гражданских и силовых структур, в первую очередь Минтранса РФ.

#### Литература

1. Vroeijenstijn R., et al. Wide Area DGNSS Service Using Existing LF-transmitters, Proc. of DSNS-96, vol.1, Paper № 9, St. Petersburg, May 1996.
2. Van Willigen, et al. Eurofix: GNSS Augmented Loran-C&Loran-C Augmented GNSS, Proc. of the 1995 Nat. Tech. Meeting of the Inst. of Navigation., Anaheim, CA, Jan. 18-20, 1995.
3. Lechner W., Baumann S. Loran-C/Eurofix Activities in Europe. Status and Future Developments, ION GPS-2000 Proc., 19-22 September 2000, Salt Lake City, UT.

4. Никулин Ю.М., Создание дифференциальной системы Еврофикс -реализация концепции интеграции спутниковых и наземных средств радионавигации //Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 1999, №2(4).
5. Peterson B. B., et al. Improvements in Error Rate in Eurofix Communications Data Link via Cross Rate Canceling and Antenna Beam Steering, ION 55th Annual Meeting, 28-30 June 1999, Cambridge, MA.
6. Lechner W., et al. Integration of EGNOS and LORAN C / EUROFIX A Contribution to the Development of a Trans-European Positioning and Navigation Network - Outcome of DGON Workshop, 22 -23 March 2000. GNSS-2000 Conference Proc., Edinburgh, 2000.
7. Chung Se-Mo, History and Activities of Far East Radio Navigation System, Proceedings of the IAIN World Congress in association with the U.S. ION Annual Meeting, 26-28 June 2000, San Diego, CA.
8. Terje H Jørgensen, Gunn Marit Hernes, Loran-C integrated with satellite systems NELS status report, Proceedings of the IAIN World Congress in association with the U.S. ION Annual Meeting, 26-28 June 2000, San Diego, CA.
9. Van Willigen, et al. Eurofix: Status, Performance and Possible Interoperability with GNSS, WAAS & EGNOS, ION GPS 2001, 11-14 September 2001, Salt Lake City, UT.
10. Van Willigen, et al. Loran-C/Eurofix/EGNOS Test & Validation Program - Concept and Results, ION GPS 2001, 11-14 September 2001, Salt Lake City, UT.
11. Kugler D. Integration of GPS and Loran-C/Chayka: European Perspective, Navigation (US), N1, 1999.
12. Аргунов А.Д., et al. Перспективы развития российской радионавигационной системы "Чайка", Сб. трудов 3-й международной конференции "Планирование глобальной радионавигации", 9-11 октября, 2000.
13. Аргунов А.Д., et al. Анализ системы передачи информации, использующей навигационный сигнал ИФРНС, Сб. трудов 3-й международной конференции "Планирование глобальной радионавигации", 9-11 октября, 2000.
14. Басс В.И., et al. Реализация интегрированной информационной навигационной системы с использованием передающих станций ИФРНС «Чайка» и результаты экспериментальных исследований информационного канала ИФРНС, Сб. трудов 3-й международной конференции "Планирование глобальной радионавигации", 9-11 октября, 2000.
15. Зыков А.Г. Приемник дифференциальной информации СРНС ГЛОНАСС/GPS, передаваемой по радионавигационному каналу ИФРНС «Чайка» (Лоран-С), Сб. трудов 3-й международной конференции "Планирование глобальной радионавигации", 9-11 октября, 2000.
16. Отчет по НИР "Разработка программно-математического обеспечения аппаратуры наземных станций и потребителей для передачи и приема дифференциальных поправок систем ГЛОНАСС и GPS через РНС "Чайка", НТЦ "Интернавигация" (руководитель Аргунов А.Д.), 2000.
17. RTCM Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite System) Service, version 2.2. RTCM Paper 11-98/SC104-STD, January 15, 1998.
18. Спутниковый навигационный авиационный приемоиндикатор А-737И, МКБ «Компас», 2003.
19. Ван Виллеген Д., et al. Аспекты взаимодействия EGNOS/WAAS/Eurofix, Сб. трудов 3-й международной конференции "Планирование глобальной радионавигации", 9-11 октября, 2000.
20. Писарев С.Б., Балов А.В., Жолнеров В.С., Малюков С.Н., Шибшаевич Б.В. Анализ характеристик канала передачи информации, использующего различные методы модуляции навигационного сигнала ИФРНС//Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2004, №2.
21. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения, Эко-Трендз, Москва, 2003.
22. [www.gpsworld.com](http://www.gpsworld.com) 14.06.04.
23. Поправка 76 к Международным стандартам и Рекомендуемой практике «Авиационная электросвязь» (Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации) (SARPs), том 1 (радионавигационные средства), ИКАО, 1.11.2001. Поправка 79, 26.03.2004.

**Оценка зависимости погрешностей решения  
навигационно-временной задачи аппаратурой потребителей  
спутниковых систем от точности прогноза положения  
навигационного космического аппарата на орбите  
при использовании имитаторов сигналов**

*Федотов В.Н.<sup>1</sup>, Царев В.М.*

**Введение**

В Российской Федерации имеется большое количество потребителей информации о точном времени, которым необходимо проведение периодической коррекции устройств и приборов (часов) по сигналам шкалы координированного времени государственного первичного эталона Российской Федерации UTC (SU).

Так, например, предприятиям связи необходимо иметь высокоточные сведения о частоте и времени в связи с бурным развитием средств передачи информации, использующих сложные сигналы, коды и дисциплины доступа. При этом используются такие технологии, как криптография и системы с защитой информации, вокодерная телефония, системы связи множественного доступа с кодовым разделением каналов (МДКР), оптические системы МДКР, разнообразные охранные сигнальные устройства и устройства слежения – сопровождения подвижных объектов. Кроме того, внедрение в сети связи концепции сетей управления телекоммуникациями (Telecommunications Management Network – TMN), способствующей созданию централизованных автоматизированных систем технического обслуживания и технической эксплуатации сетей связи, невозможно без существования в системе связи сведений о времени, связанных со шкалой UTC (SU).

Создание разнообразных биллинговых систем также невозможно без наличия в сети сигналов точного времени.

Временная синхронизация при работе в сети Windows NT – исключительно важный процесс, который обеспечивает выполнение программ, чувствительных к фактору времени, таких, например, как служба рассылки сообщений и финансовые приложения. В таких сетях, как правило, применяются так называемые часовые серверы, которые и обеспечивают требуемую точность временной синхронизации различных устройств с микропроцессорным управлением и компьютерных сетей. Наличие разнообразных интерфейсов в этих серверах позволяет передавать синхроимпульсы, а также информацию о дате и времени в виде программируемых последовательных пакетов данных через RS 232/RS 422 или в виде тональных кодов

---

<sup>1</sup> В.Н. Федотов – научный сотрудник 32-го ГНИИ МО РФ.



времени типа IRIG, AFNOR, DCF-FSK. Сами же часовые серверы должны быть синхронизированы от какого-либо внешнего источника «эталонных» сигналов времени. Чаще всего для этих целей используется встроенный в сервер приемник сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) типа ГЛОНАСС и (или) GPS.

Приемники сигналов СРНС используются также повсеместно в составе оборудования систем тактовой сетевой синхронизации цифровых сетей связи.

Кроме того, объявленная совсем недавно стратегия дальнейшего развития мобильных телесистем включает в себя создание условий оперативного определения местоположения любого пользователя ее услуг. Решение такой задачи также подразумевает широкое использование приемников сигналов СРНС в этих системах.

Следует заметить, что выбор различных типов приемников сигналов СРНС для соответствующих различных целей осуществляется, как правило, по их техническим характеристикам, которые чаще всего представлены в виде погрешностей измерения соответствующих параметров и описаны в технической и эксплуатационной документации на эти приемники. Такие погрешности относятся к так называемым аппаратурным (инструментальным) погрешностям.

В качестве основных технических характеристик приемников сигналов СРНС указываются предельные погрешности определения координат места установки приемника, а также среднеквадратическая погрешность расхождения шкалы времени на выходе такого приемника от шкалы всемирного времени UTC либо предел допускаемого расхождения шкалы времени на выходе приемника от системной шкалы времени СРНС.

Принцип действия приемников сигналов СРНС основан на параллельном приеме и обработке несколькими (от 2 до 24) универсальными измерительными каналами сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) СРНС.

Особенностью таких приемников является то, что определение текущих значений собственных координат и привязка собственной шкалы времени к шкале времени UTC или системной шкале времени СРНС осуществляются не «независимо», по каким-либо отдельным измерениям, а на основе общей статистической обработки многократных результатов беззапросных измерений псевдодальности и радиальной скорости НКА, за которыми установлено слежение в измерительных каналах приемника.

#### **Погрешности измерения навигационных параметров**

Параметры, определяемые приемником сигналов СРНС в ходе обработке результатов беззапросных измерений псевдодальности и радиальной скорости НКА, называются навигационными параметрами.

Погрешности измерения навигационных параметров включают в себя погрешности определения навигационного решения на моменты измерений и

погрешности, связанные с работой передающих устройств, с распространением радиоволн и с обработкой сигналов в приемном устройстве.

В случае приема сигналов от одного НКА СРНС, например, упрощенно результат измерения расхождения шкалы времени на выходе приемника от системной шкалы времени СРНС,  $\Delta T_c$ , можно представить в виде:

$$\Delta T_c = T_{изм} + \Delta \hat{t}_H - D/c - \tau_p, \quad (1)$$

где  $T_{изм}$  – измеренное значение расхождение принятых сигналов шкалы времени НКА и соответствующих им сигналов шкалы времени приемника;  $\Delta \hat{t}_H$  – расхождения шкалы времени данного НКА от системной шкалы времени СРНС;  $D$  – дальность между НКА и местом расположения приемника;  $\tau_p$  – дополнительная задержка распространения сигнала времени в ионосфере, тропосфере и приемнике сигналов СРНС;  $c$  – скорость света.

Погрешность измерения временного интервала  $T_{изм}$  определяется шумами и может быть уменьшена за счет сужения полос схем слежения за принимаемыми сигналами и за счет первичной обработки полученных результатов измерений.

Погрешность величины  $\Delta \hat{t}_H$  зависит от неконтролируемого «ухода» шкалы времени НКА СРНС, задержки сигналов времени при их излучении в аппаратуре НКА и от погрешностей, обусловленных неточной синхронизацией шкалы времени НКА по шкале времени UTC. Значение  $\Delta \hat{t}_H$  имеет две составляющие:  $\Delta t_H$ , вычисляемую по полиномиальной модели, передаваемой в навигационном кадре НКА, и  $\Delta t_p$ , соответствующую релятивистскому влиянию на ход шкалы времени НКА.

Погрешности в определении значений  $\tau_p$ , связанных с распространением сигнала времени в ионосфере и тропосфере, производится с использованием специальных и достаточно эффективных методов их компенсации, а составляющая  $\tau_p$ , связанная с задержкой сигнала в тракте от антенны до измерителя временного интервала в приемнике сигналов СРНС, может быть уменьшена за счет соответствующей калибровки приемника.

Наибольшее влияние на погрешность результата измерения (определения) величины  $\Delta T_c$  оказывают погрешности определения величины  $D/c$ , а поскольку скорость света можно принять за постоянную величину, то погрешности величины  $D$ , которая представима в виде:

$$D = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2}, \quad (2)$$

где  $X, Y, Z$  – координаты места установки приемника,  
 $X_i, Y_i, Z_i$  – координаты  $i$ -го НКА, передаваемые в кадрах эфемеридной информации спутникового сигнала.

Следовательно, выражение (1) может быть представлено в виде:

$$\Delta T_c = T_{изм} + \Delta t_n - \frac{\sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2}}{c} - \tau_p. \quad (3)$$

Поскольку координаты места установки приемника могут быть определены с достаточно малыми (сантиметровыми) погрешностями и быть известны априори, то погрешность определения величины  $D$ , а, следовательно, и величины  $\Delta T_c$ , зависит, прежде всего, от погрешностей эфемерид НКА.

### Эфемеридное обеспечение спутниковых радионавигационных систем

Под эфемеридным обеспечением СРНС понимается определение и прогноз параметров движения каждого из НКА, входящих в систему, и «закладка» на борт НКА эфемеридной информации для кадров цифровой информации в навигационных радиосигналах. Эфемеридная информация может быть представлена в различной форме в зависимости от выбранного алгоритма прогнозирования движения спутника. Для этого могут быть использованы прямоугольные координаты и составляющие вектора скорости в гринвичской системе координат, либо кеплеровские элементы орбиты, либо то и другое вместе.

Истинное движение НКА по орбите заметно отличается от расчетного кеплеровского за счет возмущений, основными из которых являются: нецентральность гравитационного поля Земли; гравитационное влияние Луны и Солнца; световое давление; геодинамические явления и воздействие внутренних сил.

Если не учитывать приведенные выше воздействия, то высокоточное определение параметров орбиты НКА и ее прогнозирование становятся невозможными. Начиная с высот около 20000 км, возмущения от притяжения Луны и Солнца превышают аномалии силы тяжести, а с высот более 50000 км превосходят все остальные гравитационные возмущения [1].

Эфемериды, представляемые потребителю сигналов СРНС, содержат кеплеровские элементы орбиты спутника, коэффициенты вековых уходов, а также амплитуды синусной и косинусной гармоник удвоенной невозмущенной частоты обращения, которые аппроксимируют три составляющих возмущения относительно невозмущенной орбиты: вдоль орбиты, по геоцентрическому радиусу и по боковому уклонению. Этой эфемеридной информации достаточно, чтобы выполнить краткосрочный прогноз эфемерид каждого НКА с погрешностью несколько единиц метров на интервале один час, серединой которого служит некоторый момент времени, на который рассчитаны эфемериды.

Сформированная в баллистическом центре прогнозируемая эфемеридная информация «закладывается» на борт НКА ежесуточно. На худших участках орбиты

НКА, где максимальны немоделируемые возмущающие ускорения, действующие на НКА, средние квадратические отклонения случайных составляющих погрешностей определения местоположения НКА на орбите составляют: по высоте  $dR$  - около 5 м, вдоль орбиты  $dV$  - 20 м, по бинормали  $dP$  - 10 м (рис. 1).

На лучших участках орбиты погрешности эфемеридной информации приблизительно в два раза меньше по высоте и вдоль орбиты, а, следовательно, погрешности эфемеридной информации, содержащейся в кадрах цифровой информации сигналов СРНС, в среднем составляют 4, 15 и 10 м, соответственно (числовые данные приведены в [2], стр. 34).

Поставим задачу оценки степени влияния погрешности положения НКА на орбите на ошибки определения навигационных параметров приемником сигналов СРНС, под которыми будем понимать координаты места установки приемника. Для решения данной задачи необходимо наличие идеального «эталонного» навигационного поля, т.е. навигационного поля, не имеющего эфемеридных погрешностей. Создание такого «эталонного» навигационного поля стало возможным благодаря появлению имитаторов сигналов СРНС.

#### **Имитаторы спутниковых радионавигационных систем**

Имитаторы СРНС разрабатываются как высокоточное оборудование для тестирования и оценки приемников сигналов этих систем при их разработке, испытаниях или сертификации. Имитаторы структурно включают в себя две основные подсистемы: генератор радиочастотного сигнала и мощную компьютерную станцию, поставляемую со специальным программным обеспечением.

Имитаторы предоставляют пользователю законченную имитируемую радиочастотную среду для формирования сигналов СРНС.

В генераторе сигналов СРНС, основанном на векторной модуляционной схеме, используется прямой цифровой синтез, позволяющий избавиться от дрейфа, связанного с аналоговыми методами построения, а также избежать шума квантования, связанного со схемами, реализующими цифровую модуляцию. Результатом этого является высокая точность, высокая стабильность, воспроизводимость и разрешающая способность генератора.

Сигнал с выхода генератора «управляется» компьютерной станцией, которая включает в себя специальные программные пакеты для обеспечения встроенного программного моделирования.

Программное обеспечение компьютерной станции имитаторов позволяет выполнять следующие функции:

- компоновать набор исходной информации, которая описывает траекторию движения потребителя сигналов СРНС и среду распространения сигнала;
- изменять мощность формируемого сигнала, частотный диапазон, создавать многолучевость отражения и исключать из созвездия НКА;

• вычислять положения и скорости 24 НКА в заданном пользователем созвездии спутников СРНС и описывать независимо орбиты всех НКА СРНС.

Таким образом, программное обеспечение имитаторов позволяет смоделировать на их выходе сигналы НКА СРНС, имеющих «идеальные» орбиты, т.е. орбиты без ошибок в прогнозе эфемерид, а также сигналы НКА с «возмущенными» орбитами, т.е. с орбитами, имеющими заданные (установленные) погрешности эфемерид.

Использование же «эталонного» навигационного сигнала, т.е. смоделированного имитатором сигнала от НКА с «идеальными» орбитами, позволяет оценить аппаратурную погрешность приемников сигналов СРНС.

В инициативном порядке был проведен ряд экспериментов по исследованию навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS типа «БРИЗ-МВ» с помощью таких имитаторов. В исследованиях использовался имитатор сигналов космических навигационных систем «ГЛОНАСС» и GPS, в свое время успешно прошедший испытания для целей утверждения типа аппаратуры и занесенный в Государственный реестр средств измерений.

При проведении эксперимента были соблюдены нормальные климатические условия. Первая часть экспериментов была посвящена нахождению аппаратурных погрешностей исследуемой навигационной аппаратуры, для чего имитатором формировались сигналы НКА с «идеальными» орбитами (без каких-либо погрешностей, в том числе и погрешностей эфемерид). Измерительная навигационная информация (пакеты NMEA-сообщений), вычисляемая аппаратурой «БРИЗ-МВ», в режиме реального времени записывалась на персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) типа IBM PC. Время наблюдения составило около 8 часов 20 минут. Вторая часть эксперимента содержала испытания аппаратуры «БРИЗ-МВ» при формировании имитатором сигналов НКА с приведенными выше усредненными погрешностями эфемеридной информации, а именно 4 м по высоте, 15 м вдоль орбиты и 10 м по бинормали. Также производилась запись измерительной навигационной информации на ПЭВМ. Время наблюдения, а также даты проведения измерений (год, месяц, число, часы, минуты, секунды) были одинаковыми для обеих частей эксперимента. По окончании эксперимента измерительная навигационная информация, а именно координаты местоположения, были сравнены с «эталонными» координатами, формируемыми имитатором.

В таблице 1 представлены соответствующие результаты определения аппаратурой «БРИЗ-МВ» координат месторасположения по «эталонным» навигационным сигналам НКА, т.е. НКА, движущихся по «идеальным» орбитам.

На рис. 2, 3 и 4 представлены результаты определения этой же аппаратурой координат при приеме сигналов от НКА, движущихся как по «идеальным», так и по «возмущенным» орбитам, для которых были учтены приведенные выше погрешности эфемеридной информации.

Проведенная оценка влияния эфемеридной погрешности НКА на погрешность измерения навигационных параметров аппаратуры потребителя сигналов СРНС показала, что погрешность определения гринвичских координат увеличивалась приблизительно в 4 раза по отношению к аппаратурной погрешности исследуемого приемного устройства.

Существенное влияние на погрешности измерения навигационных параметров оказывает также уход бортовой шкалы времени бортовых хранителей времени НКА, а, следовательно, погрешности прогнозирования частотно-временных поправок. Оценку данного влияния можно также провести с использованием имитатора сигналов.

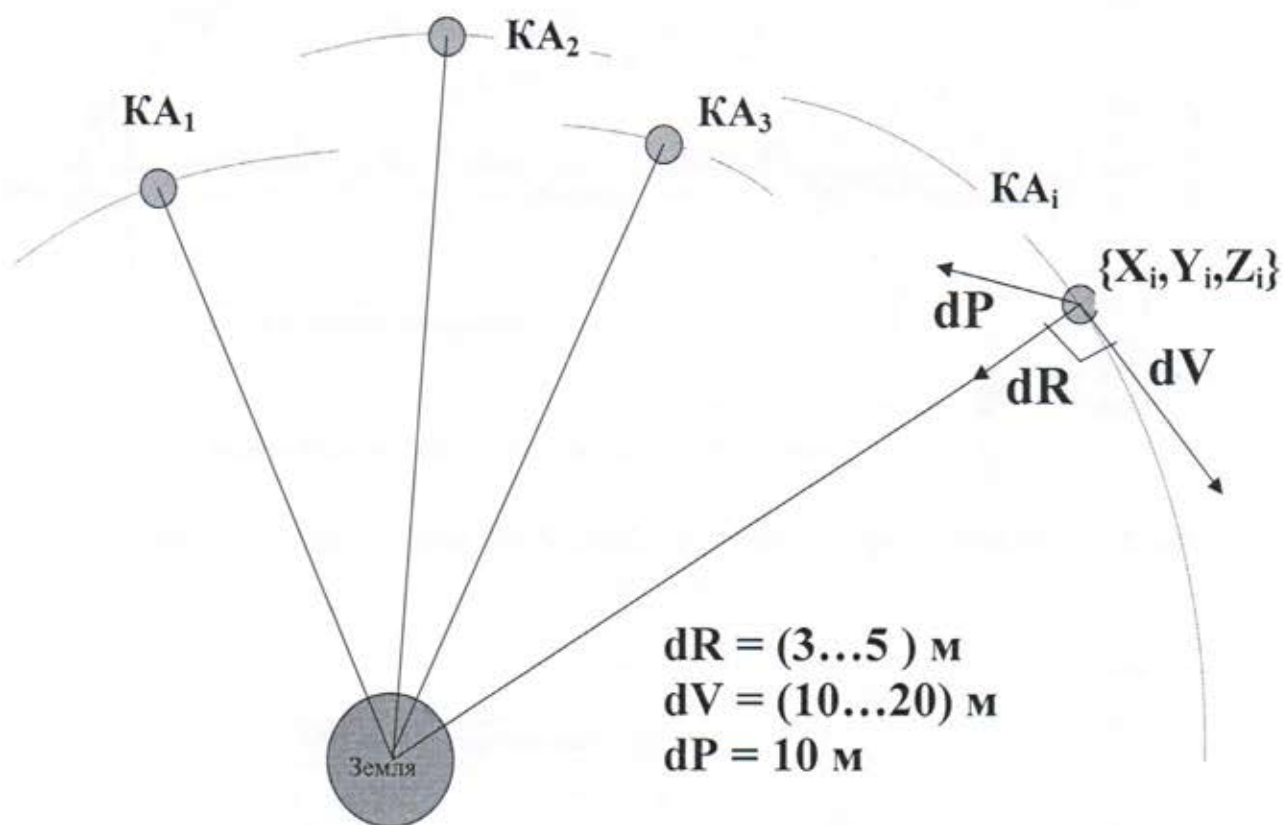


Рис. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний аппаратуры потребителей сигналов спутниковых навигационных систем (аппаратурные погрешности)

Точностные характеристики			Определяемые координаты		
			X, м	Y, м	Z, м
Среднее результата координат	квадратическое определения	отклонение составляющих	0,53	0,39	1,32

Предельная (с доверительной вероятностью 0,95) погрешность определения составляющих координат	1,52	1,18	3,15
---	------	------	------



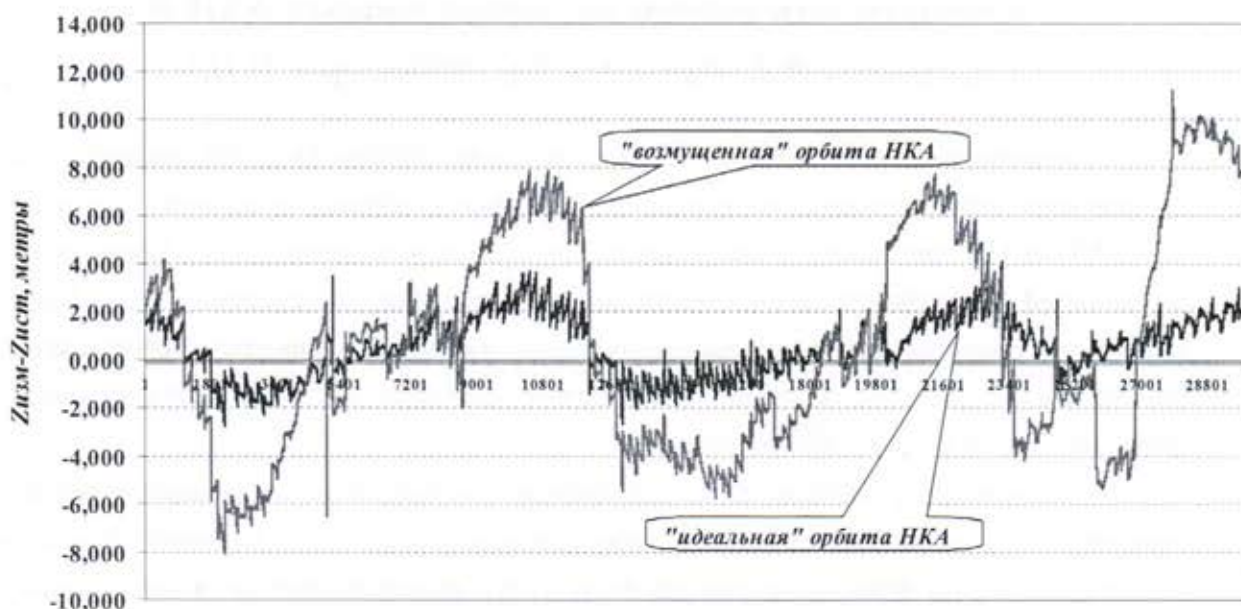
$T_{изм}=T_{выб}=1$  сек,  $T_{набл}=30000$  сек (8 часов 20 минут)

Рис.2. Погрешности определения координаты X при «идеальной» и «возмущенной» орбитах НКА



$T_{изм}=T_{выб}=1$  сек,  $T_{набл}=30000$  сек (8 часов 20 минут)

Рис.3. Погрешности определения координаты Y при «идеальной» и «возмущенной» орбитах НКА



*T<sub>изм</sub>=T<sub>выб</sub>=1 сек, T<sub>набл</sub>=30000 сек(8 часов 20 минут)*

Рис.4. Погрешности определения координаты Z при «идеальной» и «возмущенной» орбитах НКА

#### Выводы

Имитаторы сигналов СРНС представляют собой мощный инструментарий для исследования аппаратурных и фактических погрешностей приемников этих сигналов. Проведенные с их помощью эксперименты показали, что «реальные» погрешности определения навигационных параметров, в том числе и временных, с помощью приемников сигналов СРНС могут значительно превышать значения, заданные (установленные) в их технической документации или паспортах.

Необходимость проведения работ по метрологическому обеспечению эксплуатации и применения приемников сигналов СРНС в настоящее время является общепризнанной.

#### Литература

1. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В.С. Шебшаевич, П.П. Дмитриев, Н.В. Иванцевич и др.; Под ред. В.С. Шебшаевича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1993. – 408 с.
2. Системы спутниковой навигации / Ю.А. Соловьев. – М.: Эко-Трендз, 2000.



## Безопасность систем передачи данных АЗН-В

*Султанов В.З., Нахмедов Э.С., Наджафов Н.Н.<sup>2</sup>*

Автоматическое зависимое наблюдение - вещательное (АЗН-В), являясь одним из наиболее перспективных направлений развития в области внедрения концепции (CNS/ATM) [1], приносит значительные улучшения в надежность и эффективность показателей обеспечения безопасности полетов при участии системы УВД. Тем не менее, оно также создает некоторые проблемы, связанные с защитой информации от постороннего доступа, и защитой в целом системы от несанкционированного вмешательства в ее функционирование.

Традиционные системы радиолокационного наблюдения, навигации и связи не страдают этими недостатками в силу независимости от внешних факторов. Действительно, на функционирование вторичного радиолокатора не влияют никакие элементы, кроме состояния самого радара, его системы энергообеспечения, работоспособности ответчика и доступности частотного канала. В случае с первичным радиолокатором этот круг возможных дисфункциональных элементов сужается до состояния самого радара и доступности частотного канала. Максимальный эффект, которого можно достичь с целью каким-либо образом расстроить, вывести из строя или ввести в заблуждение, это создать радиопомехи в частотном канале или просто уничтожить (вывести из строя) саму радиолокационную систему. С учетом уровня защиты частотных каналов и объектов радиолокации в Азербайджанской Республике оба эти варианта осуществить достаточно сложно, или по крайней мере попытка будет очевидно обнаружена, что несколько снизит эффект неожиданности.

С переходом на цифровые линии передачи данных (ЛПД) [2] для целей наблюдения за воздушными судами (ВС), использующими для определения координат глобальные спутниковый навигационные системы СНС, вопрос обеспечения безопасности и защиты этих систем АЗН-В поднимается на качественно новый уровень. Проблему и пути ее решения можно подразделить на два уровня: уровень СНС и уровень сети ЛПД. На первом уровне проблема обеспечения безопасности, надежности и защищенности функционирования системы сводится к следующему [3]:

- Учитывая, что сегодня действуют только две СНС – GPS и ГЛОНАСС, и обе находятся под контролем военных структур США и России, соответственно, не существует ли риск того, что в любой момент Правительства этих стран могут по выбору оставить без СНС определенные участки земной поверхности?

<sup>2</sup> В.З. Султанов – директор предприятия «Азербайджанская государственная авиакомпания» государственного концерна «Азербайджанская государственная авиакомпания».

Э.С. Нахмедов, Н.Н. Наджафов – сотрудники предприятия «Азербайджанская государственная авиакомпания» государственного концерна «Азербайджанская государственная авиакомпания».

- Не может ли полный или частичный выход из строя какой-либо из систем привести к невозможности определения координат ВС?
- Могут ли эти системы быть выведены из строя преднамеренно, путем террористического акта?
- Может ли радиосигнал СНС быть преднамеренно или случайно подавлен источниками электромагнитного излучения?

В отношении безопасности на втором уровне выделяются следующие основные проблемные вопросы [4]:

- Насколько защищена от несанкционированного доступа цифровая ЛПД?

Современные системы цифровой передачи данных настолько интегрированы и взаимосвязаны, что трудно предугадать, с какой стороны можно ожидать удар очередного хакера, имеющего в наличии цифровую радиостанцию и персональный компьютер с доступом в сеть ЛПД [5].

В свете последних событий и обострения террористической войны такая возможность может представлять интерес для злоумышленников.

Решение первой группы вопросов представляется возможным только лишь на глобальном уровне, с участием международных организаций, могущих стать гарантами независимого функционирования СНС. Создание альтернативных систем, таких как Галилео в Европе, может также стать дополнительным элементом безопасности СНС. В перспективе необходимо рассмотреть вопрос о создании аналогичной глобальной СНС под управлением группы стран Восточно-Азиатского региона, например, в составе Турции, Китая, Средней Азии, Азербайджана, Грузии, Индии, стран ОПЭК. Создание системы по аналогии с Галилео обойдется примерно в 5 млрд. долларов США [6], однако прибыль от эксплуатации оценивается для системы Галилео в 16 - 18 млрд. долларов США.

Решение второй группы вопросов безопасности представляется возможным и на уровне национальных организаций гражданской авиации (ГА).

Первая задача - это защита частотного диапазона. В случае возникновения радиопомех должен быть продуман механизм автоматической перестройки на резервные частоты всех бортовых станций одновременно, по команде с наземной станции управления и наблюдения или автоматически при наступлении определенных факторов.

Предлагаемое решение этой проблемы представлено на рис. 1 в виде расширенной структурной схемы АЗН-В.

Механизм функционирования следующий. Наземная станция АЗН-В постоянно настроена на три определенные частоты  $f_1$ ,  $f_2$ , и  $f_3$ . Бортовой ответчик АЗН-В настраивается на одну из частот  $f_1$ ,  $f_2$ , и  $f_3$ . При установлении связи наземная и

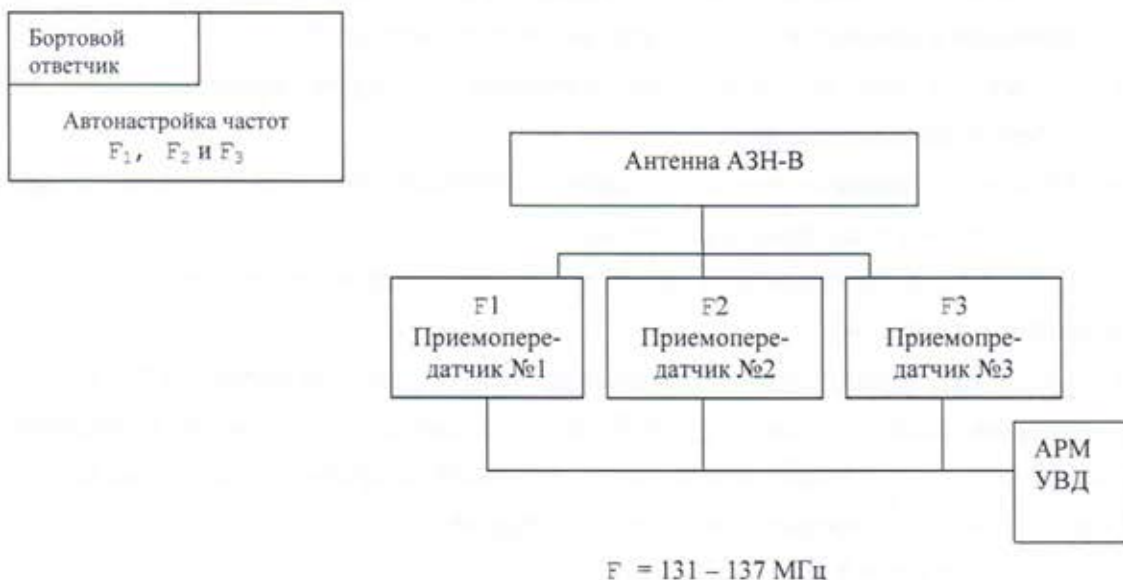


Рис.1. Структурная схема многоканальной наземной станции АЗН-В

бортовая станции постоянно через равные промежутки времени обмениваются кодовыми посылками проверки связи. Если в определенный момент бортовая станция не получает кодовую посылку в течение 2 – 3 периодов, то происходит автоматическая настройка частот ответчика на  $f_2$ . Если на  $f_2$  также не удастся установить надежную связь, то происходит перестройка на  $f_3$ . Теоретически количество каналов можно расширить, однако на практике три частотных канала обеспечивают эффективную защиту АЗН-В от проникновения или подавления частот.

Численные значения частот должны содержаться в секрете, изменяться через определенные промежутки времени, скажем, раз в сутки, и передаваться экипажам ВС непосредственно перед вылетом.

Необходимо также решить вопрос защиты информации АЗН-В от несанкционированного доступа на более высоком интеллектуальном уровне [7]. Информация, передаваемая по АЗН-В, может быть прослушана, изменена, что может привести к дезинформации экипажей и служб УВД о местоположении ВС и создать угрозу безопасности полетов. Для предотвращения подобных возможностей необходимо осуществлять кодирование информации АЗН-В. Предлагается метод адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (Adaptive Differential Pulse Code Modulation - ADPCM), который позволяет передавать зашифрованную информацию на скорости 32 Кбит/с и предусматривает ряд функций защиты, включая шифрование радиосигнала и аутентификацию устройств связи.

В процессе аутентификации любого уровня используется криптографическая процедура «запрос-ответ», позволяющая выяснить, известен ли проверяемой стороне аутентификационный ключ. Аутентификация происходит по инициативе наземной станции АЗН-В при каждой попытке установления соединения. Сначала наземная

станция формирует и передает запрос, содержащий некоторый постоянный или сравнительно редко меняющийся параметр (64 бита), и случайное число (64 бита), сгенерированное для данной сессии.

Затем в наземной (НС) и бортовой (БС) станции по одинаковым алгоритмам с использованием аутентификационного ключа К вычисляется так называемый аутентификационный ответ (32 бита). Этот вычисленный (ожидаемый) ответ в НС сравнивается с принятым от БС, и при совпадении результатов считается, что аутентификация БС прошла успешно.

Шифрование обеспечивает криптографическую защиту пользовательских данных и управляющей информации, передаваемых по радиоканалам между НС и БС. В НС и БС используется общий ключ шифрования СК (Cipher Key), на основе которого формируется шифрующая последовательность KSS (Key Stream Segments), накладываемая на поток данных на передающей стороне и снимаемая на приемной. KSS вычисляется в соответствии со стандартным алгоритмом шифрования DCS [8] (DECT Standard Cipher) или любым другим алгоритмом, отвечающим требованиям криптографической стойкости. Алгоритм DSC является конфиденциальной информацией и поставляется по контракту с ETSI.

Могут использоваться ключи шифрования двух типов: вычисляемый – DCK (Derivation Cipher Key) и статический – SCK (Static Cipher Key). Статические ключи SCK вводятся вручную на НС и БС, а вычисляемые DCK обновляются в начале каждой процедуры аутентификации и являются производной от аутентификационного ключа. В этом случае SCK является уникальным для каждой пары НС/БС, формирующей домашнюю систему связи. Рекомендуется менять SCK один раз в 31 день, иначе риск раскрытия информации существенно возрастает. Используемая кодовая комбинация, также как и применяемые частоты, должны храниться в строгом секрете, регулярно изменяться и передаваться экипажам ВС по каналам авиационной связи непосредственно перед вылетом.

Таким образом, с применением предлагаемых в данной статье мер возможно достичь максимального уровня защиты каналов ЛПД АЗН-В от несанкционированного доступа с целью повышения безопасности полетов гражданской авиации.

#### Литература

1. ICAO SARPS Annex 10 Vol 1
2. Ю.А. Соловьев «Спутниковая навигация и ее приложения», Москва, 2003.
3. «VDL MODE 4 Technical Manual»[including changes agreed up to AMCP WG-M/2 meeting]
4. Kjellberg, Rikard, Capacity and Throughput using a Self Organized Time Division Multiple Access VHF Data Link in Surveillance Applications. April 1998
5. Paul Ravenhill, VDL Mode 4 Simulator. Software User manual.
6. Markus Bruns, Eric Chantre, Sattelite science, «Air Traffic Technology International 2004» magazine, p 48-54.
7. А.В. Чернов. О применении современных методов кодирования информации в автоматизированных системах управления на транспорте, Ростов, 1999.
8. Scheiner B, Applied Cryptography Second Edition. Wiley, 1996

## Новые технологии спутниковой навигации в наземном транспорте<sup>3</sup>

Создаваемые под методическим руководством Министерства транспорта РФ интеллектуальные транспортные системы рассматриваются сегодня как инструментальное средство объективного контроля работы транспорта. Такие системы предоставляют возможности для действительно объективной оценки качества предоставляемых услуг, выполнения договорных обязательств и муниципального заказа, обеспечивают автоматизированное управление транспортом.

Внедрение в регионах спутниковых навигационных систем управления автомобильным и городским электрическим транспортом проводится в рамках четырех крупных проектов, в том числе:

- «Внедрение автоматизированных радионавигационных систем управления и обеспечения безопасного функционирования пассажирского и городского электрического транспорта городов»;
- «Внедрение региональных и зональных диспетчерских навигационных систем для обеспечения безопасного функционирования наземных транспортных средств различного назначения на базе приемников ГЛОНАСС/GPS»;
- «Внедрение автоматизированных радионавигационных систем информационного сопровождения и обеспечения безопасности междугородных пассажирских перевозок»;
- «Внедрение навигационных систем информационного сопровождения и мониторинга автотранспортных средств в междугородном сообщении на дорогах магистральных и международных транспортных коридоров».

Головной организацией и координатором по научному сопровождению и внедрению этих работ определено на конкурсной основе Научно-производственное предприятие (НПП) «Транснавигация», созданное при содействии Минтранса России. Указанное предприятие ведет подобные работы уже на протяжении нескольких лет в тесном сотрудничестве с учеными, преподавателями, аспирантами Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ ГТУ) и с его новой кафедрой «Транспортной телематики».

При этом НПП «Транснавигация» практически выполняет функции как разработчика инновационных проектов, так и функции внедренческой структуры. Все работы проводятся на основе трехсторонних соглашений, заключённых между Минтрансом России, НПП «Транснавигация» и администрациями регионов и городов, где реализуются проекты. Следует подчеркнуть, что разработка инновационных проектов и их внедрение осуществляются по принципу софинансирования совместных

---

<sup>3</sup> - По материалам статьи Г. Степанова «Новые технологии спутниковой навигации», Транспорт, 2-8 августа 2004 г.

проектов с администрациями регионов и городов, крупными транспортными предприятиями, объединениями и ассоциациями. Источниками финансирования, помимо средств федерального бюджета, являются: собственные средства перевозчиков, предприятий, групп предприятий, а также специализированных предприятий по управлению перевозочными процессами (типа «Гортранс», «Транссервис», ЕЦДС и др.); заемные средства предприятий-перевозчиков и специализированных предприятий по управлению перевозками, а также первоначальные средства субъектов местного самоуправления и субъектов Российской Федерации - субсидии, бюджетное кредитование и др.

В настоящее время разработана и реально применяется целая гамма технических средств, применяемых в системах мониторинга транспорта, общим для которых сейчас является использование подвижной радиосвязи, а также возможностей спутниковой навигации и локальной навигации по контрольным пунктам и радиомаякам.

В настоящее время под методическим руководством и при действенной поддержке Минтранса России уже в 15 городах России внедряются или уже внедрены новые автоматизированные диспетчерские системы управления городским пассажирским транспортом. Такие системы успешно функционируют в городах Брянск, Краснодар, Сочи, Сургут, Новокузнецк, Кемерово, Архангельск, Тольятти и других.

В 2003 году в Москве под методическим руководством Минтранса России и ГУП «Мосгортранс» внедрена спутниковая навигационная система управления городскими автобусами для двух автобусных парков, всего оборудовано 445 автобусов. Создан зональный диспетчерский центр управления перевозками пассажиров в Северо-Западном округе Москвы, объединенный с 12-м и 15-м автобусными парками и с ЦДС «Мосгортранс» каналами связи с подключением удаленных компьютеров-терминалов. Планируется дальнейшее развитие навигационных систем управления перевозками в Северо-Западном округе с подключением транспорта других пассажирских предприятий.

В настоящее время в общей сложности в регионах России произведено оснащение бортовой аппаратурой спутниковой и локальной навигации более 2000 единиц транспорта, в том числе автобусов, троллейбусов и трамваев.

Установлено компьютерное оборудование и программные средства в диспетчерских службах, на транспортных предприятиях. Успешно внедрены и дают определенные результаты новые технологии контроля и управления перевозками.

Если на городском пассажирском транспорте автоматизированный контроль и управление применяются уже довольно широко, то создание современных систем информационного сопровождения и мониторинга для междугородных автомобильных перевозок практически только начинается. Реально ведутся такие работы в Южном федеральном округе, на Ставропольском и Краснодарском автовокзалах, а также в Московской области.

Значительно повышает наглядность и информативность диспетчерских систем применение электронных карт местности. На электронной карте можно посмотреть местоположение транспортного средства, в любой момент времени оценить обстановку на маршруте, увидеть скопление машин или увеличение интервала. Электронная карта автоматически вызывается при включении голосовых переговоров с водителем. Во время разговора диспетчер всегда видит, где находится в данный момент автобус.

Такие интеллектуальные транспортные системы, создаваемые под методическим руководством Минтранса России, рассматриваются сегодня как инструментальные средства объективного контроля работы автомобильного транспорта - пассажирского, грузового, технологического. Эти системы предоставляют возможности по действительно объективной оценке качества предоставляемых услуг, качества выполнения договорных обязательств и муниципального заказа, обеспечивают автоматизированное управление транспортом.

## Бюллетень института навигации США

Том 13, № 4, зима 2003-2004 гг.

Избрано новое руководство Института навигации США:

- Президент д-р Пенина Аксельрад, университет Колорадо
- Вице-президенты г-н Джеймс Дохерти, институт анализа средств обороны  
д-р Крис Бартон, университет Огайо.

«Европейская система «Лоран» как средство дублирования ГНСС?»

Совет Института навигации Великобритании (RIN) выпустил заявление на тему уязвимости ГНСС и желательности наличия наземной системы дублирования. В настоящее время наиболее надежной системой, приемлемой для дублирования, RIN считает систему «Лоран». Поэтому RIN настоятельно рекомендует поддерживать систему «Лоран» в Европе и модернизировать ее аналогично тому, как это делают в настоящее время США. Умеренные расходы на такую работу будут более чем оправданы заметным повышением безопасности навигации.

GPS и программа Галилео Европейского Союза

После длительных переговоров 25 февраля 2004 г. достигнуто соглашение между США и Европейским Союзом по большинству общих вопросов взаимодействия GPS и Галилео. Соглашение охватывает три основных аспекта: взаимодействие GPS и Галилео, критерии национальной безопасности и обеспечение высоких рабочих характеристик. Для практической реализации договоренностей принято решение об организации четырех рабочих групп. Ряд процедурных и юридических вопросов будет решен позже, однако основная цель подписания соглашения к саммиту ЕС-США в июне с.г. достигнута.

Соединенные Штаты и Европейская комиссия (ЕК), от лица государств-членов Европейского Союза, успешно провели раунд переговоров в Брюсселе 24-25 февраля 2004 г. Основываясь на успехе, достигнутом в Гааге и Вашингтоне, делегации смогли достичь договоренности по большинству общих принципов кооперации GPS/Галилео, включая нижеследующее:

- принятие единой базовой структуры сигнала для соответствующих открытых служб;
- подтверждение приемлемости структуры базового сигнала для общественно регулируемой службы Галилео (PRS);
- процесс, допускающий совместную или отдельную оптимизацию базовых структур сигнала с целью дальнейшего повышения рабочих характеристик;
- подтверждение совместимости геодезических и временных стандартов для упрощения совместного использования GPS и Галилео;



- недискриминационная политика в области торговли навигационными продуктами и услугами;
- поддержание условий сохранения национальной безопасности;
- соглашение о неограниченности пользования или доступа к соответствующим открытым службам конечных потребителей;
- соглашение о завершении совместных документов, после которого соглашение будет представлено к подписанию.

Делегации продолжают работу для разрешения всех оставшихся вопросов касательно некоторых юридических и процедурных аспектов.

\*\*\*

## Обзор «Европейского журнала по навигации»

Том 2, № 2, май 2004 г.

Первая статья в номере «Какую лапшу вы предпочитаете – тонкую или толстую?» это интервью президента японской фирмы Zenrin Datacom Хидеми Хаяси о развитии автомобильной навигации в Японии. Навигационное оборудование автомобилей считается фирмой стратегической задачей. В настоящее время комплексная автомобильная система обслуживания водителя и пассажира включает в себя средства навигации, мобильной связи, карту местности, средства вербализации (Система Intelligent Agent – «умный агент»). Водитель задает вопрос, из базы данных ему предлагается набор решений, которые отображаются на дисплее и произносятся вслух. Выбранный водителем или пассажиром вариант затем в диалоге и визуально уточняется.

В статье норвежского автора «Дешевая система радиолокационного наблюдения» описано применение мобильной радиолокационной системы для сбора данных о судоходстве в прибрежных зонах Норвегии при оценке рисков судоходства во внутренних водах.

В статье сотрудника Министерства транспорта Нидерландов «Действительно ли нам нужна безопасная навигация?» излагается точка зрения автора на проблему обеспечения безопасности жизни на воде. По мнению автора, общественность подсознательно предъявляет более низкие требования к обеспечению безопасности пассажирского судоходства, чем к обеспечению экологической безопасности при перевозке опасных грузов на судах или безопасности полетов пассажирской авиации.

В статье немецкого автора «Радиолокационные комплексы с коррелированием данных от РЛС, АИС, ГНСС и ЕКДИС» отмечается тенденция развития современной морской радиолокации, заключающаяся в создании комплексов на базе РЛС как основного средства обнаружения объектов и предотвращения столкновений, которые

объединяют свои данные с информацией от системы автоматической идентификации судов (АИС), ГНСС, электронных карт.

Статья израильского автора «Динамические навигационные системы для сотовых телефонов» рассказывает о новых мобильных средствах навигации, встраиваемых в мобильные телефоны ведущих фирм.

В статье сотрудника Дельфтского университета (Нидерланды) «Навигация на водных путях с помощью EGNOS» рассказывается о результатах кинематических экспериментов, проведенных с использованием EGNOS. Эти кинематические измерения проводились на небольшом катере в канале между Роттердамом и Дельфтом (Нидерланды). Осуществлялось сравнение точности определения координат по GPS и по EGNOS, местоопределение статическими и кинематическими методами и оценка влияния обстановки и антенны на качество местоопределения. По существу, служба EGNOS в настоящее время представляет собой опытный макет. На этом макете можно проводить эксперименты и испытания службы EGNOS. Это имеет большое значение для разработки EGNOS и позволит повысить надежность службы, которая должна быть введена в эксплуатацию в середине 2004 г.

В статье специалистов университета Калгари (Канада) «Разрешение неопределенности с помощью трех частот GPS/Галилео» представлено исследование возможностей разрешения неопределенностей с использованием трех частот гражданских сигналов GPS/Галилео. Проверены два способа интегрирования, два набора параметров оцениваемых неопределенностей фазы несущей и две схемы их разрешения. Рассматривается метод обработки большого числа неопределенностей фазы несущей и их разрешения в сдвоенной системе ГНСС.

Статья группы авторов из Нидерландов и Португалии «Аквамобильность» посвящена новой тематике – геовизуализации в мобильных приборах. Интерактивная визуализация геопространственной информации в мобильных приборах является относительно новым направлением, которое может внести изменения в традиционные методы картографирования. На примере концепции «аквамобильности» как системы обслуживания спортсменов-водников раскрываются прекрасные возможности этого направления.

В статье «Маневренность судна – начальное ускорение» сотрудника Морского университета Гдыни (Польша) оцениваются возможности использования информации, полученной при испытаниях судна на маневренность с ускорением, для определения допустимых начальных ускорений.

В журнале представлена большая статья о фирме «Джавад» (Javad Navigation Systems).

#### Краткие новости

Швейцария может присоединиться к Галилео. До настоящего момента она инвестировала в систему всего 35 млн. швейцарских франков и не проявляла особого

интереса к ней. Однако частные швейцарские компании будут участвовать в проекте и, кроме того, для стран-участниц коммерческое пользование системой будет значительно дешевле.

Тендер на поставку атомных часов для 30 спутников Галилео выиграла швейцарская фирма Temex Neuchatel.

Подготовлено соглашение между Европейским Союзом и Соединенными Штатами относительно взаимодействия систем Галилео и GPS.

Две французские фирмы подписали с Европейским космическим агентством договор о запуске двух экспериментальных спутников Галилео ракетами «Союз» с космодрома Байконур до конца 2005 г. в рамках создания макета системы Галилео.

На сайте системы «Лоран» отмечается, что за последние годы интерес к системе «Лоран-С» в США значительно вырос. За последние 10 лет заметно увеличено финансирование Конгрессом США. На 2004 финансовый год планируется выделить примерно 22,5 млрд. долларов. Федеральное авиационное управление и Береговая охрана США сотрудничают со многими фирмами в разработке и испытаниях разнообразного оборудования, в том числе приемников GPS/«Лоран». Осуществляется постоянная оценка системы для рынка услуг контроля времени и частоты. К 31 марта 2004 г. рабочая группа по оценке системы «Лоран-С» должна представить соответствующий отчет в Министерство транспорта США.

Американская фирма Timing Solutions Corporation провела исследование возможностей коррекции времени с помощью системы «Лоран-С» методом, сходным с методом получения сигналов от всех видимых спутников (common-view) GPS, с помощью которого корректируется время GPS. В этом методе используются дифференциальные решения, которые снижают погрешность задержки распространения сигналов GPS и «Лоран-С». По предварительным данным, точность восстановления времени по «Лоран-С» может составлять 25...50 нс.

Фирмы «Megapulse» (США) и «Reelektronika» (Нидерланды) будут модернизировать существующую инфраструктуру системы «Лоран-С» в Саудовской Аравии. Они поставят контрольно-корректирующие станции, аппаратуру контроля целостности и модулирования сигнала для трех станций «Лоран-С» и сформируют службу Еврофикс в регионе.

В США осуществляется модернизация системы «Лоран-С». Меняется аппаратура управления и синхронизации. На каждый передатчик ставится цезиевый стандарт частоты и приемники для работы со всеми видимыми спутниками GPS. При наличии 27 рабочих передатчиков получится сеть из 87 цезиевых стандартов – самая точная система синхронизации в мире, распределенная по всей континентальной части США.

\*\*\*

**Том 2, № 3, август 2004 г.**

В этом выпуске журнала публикуется интервью президента фирмы «Megapulse, Inc.» г-на Эрика Йоханнессена во время Европейской навигационной конференции «ГНСС 2004», которое знакомит читателей с планами фирмы в связи с обсуждением будущего системы «Лоран-С». Основная сфера деятельности фирмы – разработка и производство твердотельных передатчиков «Лоран-С» по заказам Правительства США под торговой маркой «АККУФИКС» (ACCUFIX). Однако, принимая во внимание высокий уровень развития науки и промышленности в Европе и Азии, фирма в последнее десятилетие начала продвижение в этих направлениях. В настоящее время Правительство США проводит оценку системы «Лоран-С» в усовершенствованном варианте (e-Loran) для обеспечения поддержки неточных заходов на посадку авиации, заходов в порты и гавани и для повышения качества обслуживания потребителей в частотно-временной области. В результате исследований Береговая охрана США начала программу модернизации системы «Лоран-С» в Северной Америке. В связи с этим фирма получила в 2001 г. контракт на замену 14 ламповых передатчиков новыми передатчиками третьего поколения, в которых использованы новейшие достижения, в том числе и с учетом требований усовершенствованной системы «Лоран-С».

В статье немецких авторов дается анализ влияния нарушения работы системы GPS в связи с отказом спутника № 23 1 января этого года на различные группы потребителей. Авторы делают вывод о том, что без риска могли работать только те пользователи, которые опирались на систему корректировочных станций DGPS Международной ассоциации маячных служб.

В статье «Навигация в помещениях с помощью случайных ВЧ инфраструктур» рассматривается проблема использования в навигации нового класса летательных средств – миниатюрных летательных аппаратов.

Публикуются статьи по совершенствованию работы корабельных систем управления и морской навигации.

## **Обзор журнала GPS World**

**Июнь 2004 г.**

В редакционной статье «Не останавливаться сейчас» главный редактор Глен Гиббонс дает оценку развитию сотрудничества США и ЕС по вопросам взаимодействия GPS и Галилео. После длительного периода недоверия и противостояния Европа и США достигли согласия относительно глобальных навигационных спутниковых систем. Это основа всестороннего сотрудничества не только в плане взаимодействия и совместимости систем, но и в вопросах торговли и государственной безопасности. Уровень доверия и доброй воли достиг такой отметки,

при которой рабочие группы обмениваются закрытой информацией, которая позволяет судить о технике обеспечения безопасности службы PRS Галилео и М-кода GPS с целью избежать взаимных помех двух систем. В историческом, культурном и политическом плане Соединенные Штаты ближе к Европе, чем любая другая часть Америки или даже Ближний Восток. И сейчас наши системы и симпатии максимально настроены друг на друга. Это хорошо, и этим нужно воспользоваться. Есть несколько конкретных предложений: выработать механизм постоянных политических консультаций по проблемам ГНСС, которые не могут не появиться со временем; организовать сотрудничество в эксплуатации систем и создание линий открытой связи диспетчеров GPS и Галилео; создать совместный комитет безопасности, который будет оценивать угрозы для обеих систем и ситуации, в которых может потребоваться постанова активных помех или загроуление гражданских сигналов; привлечение промышленных партнеров с противоположной стороны. Кроме того, в части Галилео нужно подготовить заявление о статусе, владении, доступе к ИКД, условиях участия в строительстве и эксплуатации, в экспорте технологий ГНСС и допустимом участии европейских партнеров в программе GPS III.

«Кураторы для руководства Галилео». 18 июня 2004 г. Совет министров транспорта Европы принял решение о создании руководящего органа для курирования разработки и эксплуатации системы Галилео на разных этапах ее создания. Этот руководящий орган будет осуществлять общее управление финансами и подписывать контракт на концессию с одной из трех промышленных групп, которые участвуют в конкурентной борьбе за развертывание и эксплуатацию системы.

2 июня прошло информационное совещание, на котором присутствовали свыше 500 представителей промышленности и общественных организаций из 25 стран. На совещание было сделано второе объявление тендера на 67 млн. евро на исследования, связанные с Галилео. Все работы будут финансироваться из 6-го рамочного бюджета Европейской Комиссии и распределяться по трем направлениям: разработка продукции для потребительского рынка по всем видам транспорта; постановка задач и вопросы внедрения – подготовка стандартов и разработка схем сертификации услуг; инновации и международные инициативы с особым вниманием к малому и среднему бизнесу и зарубежным партнерам.

Европейское космическое агентство (ЕКА) представило консорциуму «Galileo Industries» запрос на объявление этапа разработки и оценки орбитальной группировки Галилео. На конкурсной основе в период с июля 2004 г. по февраль 2005 г. ЕКА будет организовывать поставки, а консорциум будет производить отбор субподрядчиков под контролем ЕКА.

Ранее ЕКА завершило первый этап работ на макете Галилео. Этот макет, созданный в Нидерландах, позволяет экспериментировать с критическими областями

обслуживания потребителей при эксплуатации Галилео. Подробности на сайте <http://www.gstb-v1.esa.int>.

Госсекретарь США Колин Пауэл и вице-президент Европейской комиссии по проблемам транспорта и энергетики Лойола де Паласио должны подписать 26 июня 2004 г. соглашение о сотрудничестве по вопросам GPS и Галилео. В мае с.г. было подписано предварительное соглашение, которое стало естественным продолжением подписанного ранее совместного заявления.

\*\*\*

## **ПРЕСС-РЕЛИЗ**

**Офис пресс-секретаря Белого Дома**

**26 июня 2004 г.**

### **Саммит США – ЕС: Соглашение о сотрудничестве GPS – Галилео**

Сегодня Соединенные Штаты и Европейский Союз достигли соглашения о своих спутниковых навигационных службах – Глобальной системе местоопределения США и планируемой европейской системе Галилео. Глобальная система местоопределения США (GPS) – это группировка из 28 спутников и наземных средств обеспечения, которые используются в широком спектре экономических, научных и военных назначений. Излучаемые спутниками сигналы могут преобразовываться а точные данные о местонахождении и времени в любой точке земного шара. В 1998 г. Европейский Союз решил создать собственную спутниковую навигационную систему, известную как Галилео, которая в настоящее время еще находится в стадии создания.

Госсекретарь США Колин Пауэл, вице-президент Европейской Комиссии Лойола де Паласио и министр иностранных дел Ирландии Брайан Кауен подписали Соглашение о продвижении, обеспечении и использовании навигационных систем спутникового базирования Галилео и GPS и их приложений. Это историческое соглашение защищает интересы безопасности стран-союзниц, но при этом прокладывает путь к фактическому удвоению количества спутников, которые будут передавать общий гражданский сигнал по всему миру, тем самым способствуя лучшему и более всестороннему обслуживанию всех потребителей.

Это соглашение гарантирует, что сигналы Галилео не будут наносить ущерб военной мощи вооруженных сил Соединенных Штатов и стран Атлантического блока, гарантирует, что и Соединенные Штаты и Европейский Союз смогут решать индивидуальные и общие проблемы безопасности, устанавливает недискриминационные и открытые рынки для торговли гражданской спутниковой навигационной продукцией и услугами.

Признавая, что при совместимости и взаимодействии этих двух независимых систем будет получена дополнительная выгода для гражданских и коммерческих

потребителей, Соединенные Штаты и Европейский Союз стали совместно использовать данные технического анализа и информацию, что привело к договоренности о создании единого гражданского сигнала. Дополнительная доступность, точность и надежность, которые будут реализованы в сдвоенных приемниках GPS – Галилео, закладывают основу для нового поколения приложений и служб спутникового базирования, развития исследований, разработок, инвестиций, которые дадут преимущества бизнесу, науке, правительствам, а также потребителям.

<http://www.navcen.uscg.gov>

\*\*\*

### Июль 2004 г.

Июльский выпуск журнала открывается статьей главного редактора Глена Гиббонса «Мы в этом надолго», в которой автор от рассуждений о разнообразии продолжительности природных циклов и периодов деятельности человека переходит к судьбе систем GPS и Галилео. GPS обрела второе дыхание в конце 80-х годов после 14 лет вложения больших средств без перехода к этапу развертывания оборудования. Тогда всего за 22 месяца к концу 1990 г. было запущено 10 спутников. Система Галилео насчитывает примерно десять лет с момента первых замыслов до утверждения и бюджетного финансирования проекта, хотя его реализация, вероятно, пойдет быстрее, чем это было с GPS. Конечно, долго ждать 2012 года, когда появится новое поколение спутников GPS и будет модернизирован наземный комплекс мониторинга и управления. Но GPS III станет системой, которая создаст новые условия для навигации, местоопределения и измерения времени на последующие 25-30 лет. А пока мы будем использовать гражданские и военные сигналы от спутников блоков PR-M и PF. Поэтому мы надолго вместе – GPS и сообщество пользователей, промышленности, провайдеров.

«Полеты космических группировок. Относительное местоопределение с использованием фазы несущих двух частот». При проведении космических исследований распределенная система датчиков на нескольких платформах является более гибкой и надежной по сравнению с большим отдельным космическим кораблем, требует меньше времени для выполнения задачи и обходится дешевле. Помимо этого, группировки спутников на низких орбитах дают больше возможностей для научных исследований, которые при использовании одного КЛА нельзя реализовать. В статье рассматриваются преимущества использования наблюдения за фазой несущих двух частот, что дает более точный, полностью кинематический результат относительной навигации по базе до нескольких сотен километров. Измерения на двух частотах позволяют быстрее выявить систематические ошибки. Поэтому для исследований, в которых важна высокая точность и целостность навигационного решения, например,

при изучении временной зависимости гравитационного поля, был использован этот метод.

В заметке «Дело сделано» комментируются результаты подписания соглашения между США и ЕК по использованию GPS и Галилео. Колин Пауэл охарактеризовал соглашение как большое достижение, которое позволит сбалансировать конкуренцию в коммерческой области спутниковых навигационных технологий и сотрудничество в области обеспечения государственной безопасности. Срок действия первоначального договора - 10 лет. Будут созданы четыре рабочие группы, совет по взаимодействию на высоком уровне и небольшой секретариат. Рабочие группы будут решать вопросы совместимости на радиочастотах, взаимодействие гражданской навигации и служб времени, использование в гражданском секторе и торговля, сотрудничество в проектировании и разработке систем времени и спутниковой навигации следующего поколения.

\*\*\*

### Август 2004 г.

В августовском номере журнала излагается уже известная информация о ходе переговоров и подписании соглашения между США и ЕК о сотрудничестве GPS и Галилео. Две заметки посвящены развитию и продвижению на рынок мобильных средств связи с использованием GPS.

Из зарубежных новостей. Европейским Союзом и Израилем согласовано участие этого ближневосточного государства в Галилео. По договору Израиль будет участвовать в промышленном производстве, обслуживании и продвижении на рынок продукции в рамках программы Галилео. Израиль также получил приглашение принять долевое участие в совместном предприятии, созданном для работ по Галилео. Европейский Совет министров транспорта принял решение создать Совет для наблюдения за развертыванием и эксплуатацией системы Галилео. Он будет управлять финансами и заключать договор на концессию с одной из трех промышленных групп, конкурирующих за эксплуатацию системы. Консорциум «Галилео Индастриз (Galileo Industries), который занимается орбитальным комплексом Галилео, организует отбор субподрядчиков под контролем ЕКА. В рамках работ по этому этапу будет разработана и оценена орбитальная группировка из четырех спутников и наземного комплекса управления.

\*\*\*

### Сентябрь 2004 г.



В редакционной статье «Время ГНСС настало?» автор Глен Гиббонс вспоминает известную мудрость «Всеу свое время». Система GPS недолго была единственной в мире. Скоро появилась советская система ГЛОНАСС, и вот теперь в игру вступила Европа со своей системой Галилео. Если раньше на устах у общественности был термин «GPS», то теперь сложилась новая концепция глобальной навигационной спутниковой системы, или ГНСС. В мире ежегодно проводится три конференции со сходными названиями: конференция по ГНСС института навигации США (бывшая ION GPS), Европейская навигационная конференция (ENC), организуемая группой европейских институтов навигации, и аналогичная конференция, проводимая организациями Азии и Австралии. Означает ли это, что время GPS прошло? Нет, потому что система ГЛОНАСС работает не в полном объеме, а Галилео только разрабатывается, поэтому ГНСС как «система систем» практически еще не существует. Когда Галилео, совместимая и взаимодействующая с GPS, будет физически реализована, фактически начнется отсчет эры ГНСС. Но это время еще не наступило.

В разделе изобретений опубликована статья «Современная навигации вращающихся снарядов» о разработке новых помехозащищенных приемников GPS для артиллерийских снарядов, которые принимают сигналы спутников и вычисляют координаты снаряда при постоянном его вращении.

В статье «Приемный модуль Галилео/GPS с высокой степенью интеграции для широкого потребления» группа авторов описывает СБИС для совмещенного приемника Галилео/GPS с высокой чувствительностью для массового применения.

\*\*\*

## Оперативная информация

### **Помехозащищенный приемник GPS**

Фирма Raytheon разработала помехозащищенный 24-канальный двухчастотный GPS приемник с блоком SAASM, позволяющий определять скорость на основе слежения за фазой несущей с точностью 1 см/с. Приемник работает в режиме повышенной точности в широкой зоне (wide area GPS enhancement, WAGE) и в дифференциальном режиме, в том числе по системам LAAS, JPALS (Joint Precision Approach and Landing System), а также в режиме относительной навигации SRGPS (shipboard relative GPS).

### **Встраиваемый модуль приемника сигналов GPS, SBAS и маяков**

Фирма Thales Navigation (Ashtech) разработала для встраивания в субметровые системы одноплатный модуль DG16 12-канального приемника L1 сигналов GPS, по выбору – сигналов двух дополнений SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS) и по выбору – сигналов двух маяков диапазона 300 кГц.

В модуле использована усовершенствованная техника Ashtech подавления многолучевости и калмановская фильтрация для повышения точности местоопределения с подбором подходящей модели динамики объекта, в который встраивается модуль.

Модуль совместим с решениями приемника Thales Navigation's Ashtech G12.

### **Запуск очередного спутника GPS Block IIR**

22 июня с Мыса Канаверел был успешно запущен очередной спутник GPS IIR-12 (SVN60, PRN23). Спутник запущен в плоскость F, слот 4 с тем, чтобы заменить навигационный космический аппарат (НКА) SVN 32. В течение месяца запущенный НКА должен быть приведен в состояние готовности.

### **Новый имитатор сигналов**

Фирмой Spirent создан новый имитатор GSS7700 сигналов GPS на частотах L1, L2, and L5 с C/A, P и C-кодами, а также сигналов SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS). Допускается высокая динамика объекта размещения тестируемой спутниковой аппаратуры при частоте навигационных определений до 100 Гц. Работа с техникой SA/AS и M-кодами в соответствии с интерфейсным контрольным документом ICD-GPS-700 предусмотрена как опция для авторизованных пользователей.

[www.gpsworld.com](http://www.gpsworld.com)

Конференции, выставки, совещания

**Очередное заседание Межгосударственного совета  
«Радионавигация»**

В середине ноября 2004 г. в г. Минске состоится очередное заседание Межгосударственного совета «Радионавигация».

В повестку дня Совета включены вопросы:

1. О ходе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, включенных в План мероприятий, проводимых Межгосударственным советом «Радионавигация» в 2004 г.
2. О проекте Плана мероприятий, проводимых Межгосударственным советом «Радионавигация» в 2005 году.
3. О разработке проекта новой редакции Межгосударственной радионавигационной программы СНГ на 2006-2010 гг.
4. Утверждение отчета председателя Межгосударственного совета «Радионавигация» «О деятельности МГС «Радионавигация» на заседании Экономического совета СНГ.
5. Об итогах 13-го заседания Совета Дальневосточной радионавигационной службы (6-11 сентября 2004 г., г. С-Петербург).
6. О ходе создания на базе ТК-363 «Радионавигация» (Россия) Межгосударственного технического комитета по стандартизации в области радионавигации.

На заседании планируется также заслушать информацию о новых работах, проводимых в России и Республике Беларусь, в том числе:

- о создании информационной радиоволновой системы краткосрочного прогнозирования землетрясений с использованием радионавигационных систем наземного и космического базирования;
- о комплексной системе по борьбе с угонами и кражами автомобильных средств, защите личности и оперативного определения местоположения объектов различного назначения.

Планируется также рассмотрение ряда текущих организационных вопросов.

Секретариат Межгосударственного совета «Радионавигация»

## XXIV конференция памяти Н.Н. Острякова

13-14 октября 2004 г. ЦНИИ «Электроприбор» проводит XXIV конференцию, посвященную памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов Н.Н. Острякова.

В программу конференции предполагается включить доклады по актуальным проблемам гироскопии и навигации:

1. Чувствительные элементы систем навигации и управления.
2. Гироскопические системы.
3. Обработка навигационной информации и управление движением.
4. Электроника и вычислительная техника бортовых систем.

*На заседаниях секции «Электроника и вычислительная техника бортовых систем», будут рассматриваться проблемы разработки, эксплуатации и испытаний различных аппаратных и программных компонентов современных и перспективных систем управления движущимися объектами, включая вопросы состояния и перспектив разработки отечественной микропроцессорной техники, предназначенной для применения в бортовых вычислительных системах.*

5. Метрология в навигации и управлении движением: методы и средства обеспечения единства измерений.
6. Элементы и системы автоматики и электропитания навигационных комплексов.

Программный комитет приветствует представление докладов молодыми учеными (до 33 лет).

Начиная с 1998 года, на конференции работает секция «Электроника и вычислительная техника бортовых систем», созданная под руководством выдающегося конструктора систем управления ракетно-космической техникой академика РАН, героя Социалистического труда, лауреата Ленинской и Государственных премий Николая Александровича Семихатова.

Тематика работы этой секции охватывает следующие основные направления:

1. Бортовые цифровые вычислительные машины, системы и комплексы.
2. Специализированные процессоры бортовых систем управления.
3. Программно - математическое обеспечение БЦВМ, БЦВС и спецпроцессоров.
4. Методы и средства аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразований в бортовых системах.
5. Системы первичного и вторичного электропитания бортовых систем.
6. Сервисная электроника датчиков и исполнительных органов.
7. Конструктивно-технологические решения в аппаратуре бортовых систем.
8. Интерфейсы в бортовых системах.

9. Методы и средства диагностики в аппаратуре бортовых систем (включая вопросы надежности).
10. Теория и практика САПР аппаратуры и программно-математического обеспечения бортовых систем.
11. Отечественная элементная база электроники и вычислительной техники бортовых систем, проблемы и перспективы ее создания и использования (включая элементную базу стран СНГ). Проблемы и перспективы применения импортной элементной базы в бортовых системах.

Вся информация о конференции размещена на сайте ЦНИИ «Электроприбор»  
<http://www.elektropribor.spb.ru> (раздел «Конференции»)

*Из истории навигации*

**К 100-летию со дня рождения В.П. Чкалова<sup>4</sup>**

*Молоканов Г.Ф.*

Валерий Павлович Чкалов – выдающийся летчик нашей страны, родился на берегу могучей русской реки Волги 2 февраля 1904 г. в селе Василево Горьковской области. За время работы летчиком–испытателем он летал более чем на 70 различных типах самолетов, оказав существенную помощь авиационным конструкторам в объективной оценке новых машин и их дальнейшем совершенствовании. Как летчик – новатор, Валерий Павлович внес большой вклад в развитие летного мастерства, разработав и внедрив новые фигуры высшего пилотажа.

Но народам нашей страны и всему миру В.П. Чкалов стал широко известен как участник дальних беспосадочных перелетов, выполненных в составе экипажа, в котором вторым летчиком был Г.Ф. Байдуков и штурманом - А.В. Беляков. Оба они написали книги о своем командире экипажа, хорошо известные нашему читателю.

Выделим из книг А.В. Белякова некоторые эпизоды, показывающие отношение В.П. Чкалова к навигационным аспектам его бурной летной деятельности, которые обычно остаются в тени, заслоненные выдающимися пилотажными эпизодами жизни этого выдающегося летчика.

Во время больших осенних манёвров Балтийского флота в условиях плохой погоды и морозящего дождя ему одному удалось найти в море флагманский корабль «Марат» и сбросить на его борт вымпел с важными разведывательными данными о действиях главных сил «противника», готовящего высадку десанта. Этот эпизод отражен и в фильме «Валерий Чкалов».

Осенью 1927 г. в честь 10-летия Октябрьской революции было решено провести в Москве большой воздушный парад. Для участия в параде и перелета в Москву из Гатчины, где базировалась эскадрилья В.П. Чкалова, готовились очень тщательно.

«Валерий – с особым рвением. Свой «Фоккер Д-11» вместе с механиком он осмотрел до винтика, изучил маршрут и лично участвовал в определении девиации – устранении ошибок в показаниях своего компаса.

Перелет с одной промежуточной посадкой прошел хорошо, но воздушный парад не состоялся по погодным условиям».

За попытку пролететь под проводами высоковольтной линии, закончившуюся аварией, Валерий Павлович был отчислен из боевой авиации и откомандирован в Осоавиахим. Летая на «Юнкерсе», он раз решил проверить планериста О. Антонова, как тот умеет ориентироваться в воздухе, и посадил его на правое сиденье.

---

<sup>4</sup> По мотивам книги А.В. Белякова «Валерий Чкалов», Москва, издательство ДОСААФ –1974 и 1987 г.

– Откуда мы взлетели? Покажи рукой – спросил Чкалов. А далее он предложил планеристу:

– А ну, бери управление и веди самолет!

Заметив неуверенность планериста, у которого машина шла с небольшим креном, уклоняясь влево, Валерий Павлович взял штурвал, добродушно сказав:

– Ну, что же ты смотришь? Машина валится, уходит с курса, а ты не реагируешь. Вот как надо! – и решительным движением выровнял самолет.

«Не знал тогда Чкалов, – пишет А.В. Беляков, – что из молодого планериста Олега Антонова впоследствии выйдет талантливый авиационный конструктор, автор многих современных самолетов, в том числе знаменитого «Антея», победно бороздящих воздушные просторы не только нашей Родины, но и далеко за ее рубежами».

Однажды Чкалова посетил его старый друг по НИИ ВВС летчик Георгий Филиппович Байдуков, который рассказал о возможности выполнения грандиозного беспосадочного полета через Северный Ледовитый океан на новом самолете А.Н. Туполева и П.О. Сухого АНТ-25, обладавшем огромной дальностью полета. Его возможности были проверены в трехсуточном полете, в котором экипаж М.М. Громова со вторым пилотом А.И. Филиным и штурманом И.Т. Спириным установили мировой рекорд дальности полета по замкнутому маршруту, пройдя за 72 часа 12411 км.<sup>5</sup>

Нетрудно понять, как покоритель воздушной стихии загорелся этой идеей. «Вот что, други мои, Егор и Саша – говорил Чкалов, – если мы хотим летать в Арктике, надо ее сначала изучить подробно по всем имеющимся материалам. Отныне нет нам покоя. – И он сразу указал будущему штурману тщательно изучить географию и погоду, а второму пилоту – итоги работы различных экспедиций, проникавших в Арктику».

В начале 1936 г. В.П. Чкалов и Г.Ф. Байдуков обратились к тогдашнему наркому тяжелой промышленности Орджоникидзе с просьбой выполнить дальний полет на самолете АНТ-25, на котором Леваневский предпринял неудачную попытку совершить перелет через Арктику и сделал вывод, что одномоторные самолеты для этих целей не годятся.

Нарком обещал для разрешения такого полета представить обоих летчиков Сталину, который, выслушав Орджоникидзе и летчиков, сказал: Зачем летать обязательно на Северный полюс? Зачем рисковать без надобностей? Вот вам маршрут для полета: Москва – Петропавловск-на-Камчатке. Так был определен маршрут предстоящего перелета.

Началась тщательная подготовка к героическому перелету через всю страну с выходом в высокие арктические широты. Дальний беспосадочный полет начался 20 июля 1936 г. и за 56 часов 20 минут экипаж прошел 9374 км, совершив посадку в устье

<sup>5</sup> Новости навигации, №2, 2004 (ред.)

реки Амур на острове Удд (ныне остров Чкалов). За этот перелет все члены экипажа были удостоены звания Героев Советского Союза.

Но Чкалов продолжал думать о более грандиозном маршруте перелета из СССР в Соединенные Штаты Америки через Северный полюс и к этому готовился. Шансы на его выполнение возросли, когда 25 мая 1937 г. на полюсе с самолетами была высажена первая экспедиция исследователей Арктики в составе И.Д. Папанина, П.П. Ширшова, Е.К. Федорова и радиста Э. Кренкеля.

Во время одного из вызовов В.П. Чкалова и Г.Ф. Байдукова в Кремль руководители партии и правительства заслушали подробный доклад Валерия Павловича о предполагаемом маршруте перелета. В ответ на сомнения Сталина о целесообразности полета на одномоторном самолете, Чкалов, ободренный надеждами, высказал известный каламбур, так понравившийся Сталину:

«Один мотор – сто процентов риску, а четыре мотора – четыреста».

Маршрут пролегал по 38 меридиану восточной долготы, а после полюса - по 123 меридиану западной долготы до Сан-Франциско. Насколько обстоятельно В.П. Чкалов вникал в навигационные аспекты перелета, наглядно свидетельствует А.В. Беляков в своей книге, приводя слова командира экипажа:

«Значит, чешем прямо на Землю Франца-Иосифа. Настроимся на радиомаяк острова Рудольфа, а оттуда пойдем по солнечному указателю курса». И далее штурман экипажа пишет: «Валерий хорошо усвоил разнообразные приемы воздушной навигации, которые нам придется применять в полете».

Хорошо известно, что экипаж блестяще справился с труднейшей задачей перелета, вписав яркую страницу в героическую летопись успехов отечественной авиации довоенных лет.

На многотысячном митинге у Белорусского вокзала, где встречали героический экипаж, Валерий Павлович сказал:

Мы горды сознанием, что партия и правительство доверили нам такой маршрут. Никакие преграды, никакие пурги и обледенения самолета не могли остановить нас. А с каким уважением о своем штурмане, Александре Васильевиче Белякове, отзывался Валерий Павлович, свидетельствует Георгий Филиппович Байдуков, приводя в предисловии к книге о Чкалове следующие его слова:

«Штурман?.. О нем можно сказать как о человеке бесконечно скромном и молчаливом, не знающем страха». И далее, рассказывая в Нью-Йорке об итогах полета через Северный полюс, Чкалов заявил: «Без Саши я и лететь не мыслю далеко... Когда Саша дает мне курс, я окончательно спокоен. Держись Сашиного курса – и все в порядке!».



### Наши соболезнования

15 июня 2004 года после тяжелой болезни на 67 году жизни скончался Громов Геннадий Николаевич, Герой Социалистического Труда, Лауреат Государственной премии, доктор технических наук, профессор, академик Академии транспорта Российской Федерации, генеральный директор и генеральный конструктор Федерального научно-производственного центра Открытого Акционерного общества «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский НИИ радиоаппаратуры».

Г.Н. Громов родился в Ленинграде 26 ноября 1937 года, блокадник. В 1957 году закончил с золотой медалью Калининское суворовское училище, в 1958 году поступил по конкурсу и в 1963 году окончил Ленинградский институт точной механики и оптики (ЛИТМО) по специальности «Конструирование и производства радиоаппаратуры». В 1967 году окончил вечернее отделение Ленинградского государственного университета по специальности «Радиофизика», а в 1978 году - Ленинградский инженерно-экономический институт по специальности «Организатор промышленного производства».

После окончания ЛИТМО и до конца дней Г.Н. Громов работал во Всероссийском (Всесоюзном) ордена Трудового Красного Знамени НИИ радиоаппаратуры, сначала в должностях инженера, начальника лаборатории, начальника отдела, заместителя главного инженера, а с 1979 г. – в должности генерального директора ВНИИРА. В марте 1987 г. постановлением ЦК КПСС и СМ СССР был назначен Генеральным конструктором ВНИИРА.

В 1972 г. Г.Н. Громову была присуждена ученая степень кандидата технических наук, в 1975 г. присвоено ученое звание старшего научного сотрудника, а в октябре 1987 г. он успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук.

За 37-летний период работы во ВНИИРА Г.Н. Громов руководил и непосредственно участвовал в качестве главного, Генерального конструктора и научного руководителя в выполнении ряда НИР и ОКР по исследованиям, разработке, внедрению в серийное производство и эксплуатацию радиотехнических систем и комплексов навигации, посадки, управления воздушным движением и специального назначения.

В 80-ые годы по инициативе и под руководством Г.Н. Громова в Ленинградской области созданы уникальный Летно-исследовательский центр и антенный испытательный полигон ВНИИРА.

За создание комплексной радиотехнической системы навигации, посадки и контроля движения, обеспечившей 1988 году первую в мире уникальную автоматическую беспилотную посадку орбитального корабля многоразового

применения «Буран» в бездвигательном режиме, в 1990 году Громов Г.Н. был удостоен звания «Герой социалистического труда» с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот», звания лауреата Государственной премии СССР.

Основные направления научной деятельности Громова Г.Н - анализ и синтез радиоэлектронных комплексов, математическое обеспечение, алгоритмы управления, обработки информации, создание высоконадежных систем и средств управления летательными аппаратами (ЛА), работающими в реальном масштабе времени.

Г.Н. Громовым разработаны:

- основы теории дифференциально-геометрического метода определения навигационных параметров, преобразования и обработки сигналов от различных датчиков бортового оборудования и универсальных параметрических программ траекторного управления ЛА;
- методы, алгоритмы и уравнения линейной нестационарной фильтрации и траекторного управления подвижными объектами на основе операторов дифференциально-геометрического преобразования с использованием структурной и информационной избыточности сигналов систем наведения, навигации и посадки;
- методы синтеза алгоритмов систем траекторного управления полетом и посадкой ЛА на подвижную посадочную полосу (площадку);
- принципы иерархической автономности организации и управления подвижными объектами в больших системах по критериям оптимизации показателей точности, целостности и надежности.

Г.Н. Громов - автор фундаментальной монографии по вопросам перспективных методов навигации и свыше 150 научных статей, из них более 20 опубликованы в ведущих научных изданиях Германии, Франции, Канады и США; он автор 45 изобретений, из них более 10 запатентовано.

Свою научную деятельность Г.Н. Громов сочетал с общественной и педагогической работой: был избран депутатом Ленинградского городского совета народных депутатов, с 1975 г. он уполномоченный представитель в Комиссии США «Требования, технологии и концепции для авиации» (RTCA) и с 1985 г. - в Европейской комиссии по радиоэлектронному оборудованию для гражданской авиации (EUROCAE), председатель диссертационного совета по присуждению ученой степени доктора технических наук, председатель секции НТС РАСУ «Управление воздушным движением», член редколлегии ряда журналов.

Г.Н. Громов был награжден многими почетными наградами, в том числе серебряной медалью «За достигнутые успехи в развитии народного хозяйства СССР» 15 ноября 1983 г., медалью «25 лет полета человека в космос» 11 апреля 1986 г., серебряной медалью «За достигнутые успехи в развитии народного хозяйства СССР» 21 ноября 1986 г., юбилейной медалью имени академика С.П. Королева 1 октября 1987

г., знаком «Отличник социалистического соревнования радиопромышленности» 11 апреля 1989 г., медалью имени К.Э. Циолковского 11 марта 1989 г., медалью «300 лет Российскому Флоту» 7 июня 1996 г., званием «Лучший изобретатель Миноборонпрома России» 27 марта 1997 г.

Уход из жизни Г.Н. Громова - это расставание коллектива ВНИИРА с целой эпохой в жизни института, расставание с талантливым создателем, внесшим громадный вклад в развитие отечественных радиотехнических систем управления авиацией всех ведомств.

Навигационная общественность, редколлегия журнала сознают значение утраты Г.Н. Громова для нашей науки и техники, скорбят и выражают соболезнования родным и близким покойного.

*Новые книги и журналы*

---

В Издательстве «Радиотехника» готовится к выходу в свет книга *«ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования»* под редакцией *А.И. Перова и В.Н. Харисова*.

После первого издания этой книги в 1998 г. произошли существенные изменения в технологиях спутниковой навигации, ее месте и роли в различных сферах человеческой деятельности. Растущий интерес к глобальным навигационным спутниковым системам вызвал необходимость в издании новой редакции книги «ГЛОНАСС».

Третье издание существенно переработано.

Адрес издательства:

107031, г. Москва, Кузнецкий мост, д. 20/6. Тел/факс: (095) 925-78-72, 921-48-37.

[www.webcenter.ru/~iprzhr/](http://www.webcenter.ru/~iprzhr/) [iprzhr@online.ru](mailto:iprzhr@online.ru)

\* \* \*

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

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

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

В соответствии с ее основным предназначением формировались и соответствующие службы (управления полетов в аэродромной зоне, аэронавигационная, связи, метеорологическая, аэрофотографии, инженерная, медицинская, материального обеспечения и др.), необходимые для эффективного функционирования нового вида Вооруженных Сил как в мирное, так и в военное время. Повышение эффективности боевых действий авиации было основным содержанием напряженной работы аэронавигационной службы, названной позднее штурманской.

Это показано на фоне общей истории авиации, которая в 2003 году отметила свое 100-летие.

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

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

\* \* \*

В издательстве МГТУ им. Баумана на английском языке вышла в свет новая книга известного специалиста профессора **О. Салычева** «*Прикладная инерциальная навигация: проблемы и решения*» («Applied Inertial Navigation: Problems and Solutions»), 306 стр., 93 рис., 2003 г.

\* \* \*

*Планы и календари*

---

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

*Календарь подготовлен с помощью материалов IAIN News, ION, журнала GPS World,  
[http:// www.gpsworld.com](http://www.gpsworld.com), и других источников*

**OCTOBER 5-6 2004**

**ISPA 2004**

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

**OCTOBER 6-10 2004**

**JAPAN AEROSPACE 2004**

Yokohama, Japan. Contact: SIAC.

**ОКТЯБРЬ 13-14 2004**

**XXIV конференция памяти Н.Н. Острякова**

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

**OCTOBER 25-27 2004**

**INTERNATIONAL LORAN CONFERENCE**

Tokyo, Japan

**NOVEMBER 1-7 2004**

**Zhuhai Air Show China 2004**

Guangdong, China.

**NOVEMBER 9-11 2004**

**NAV + AIS 04**

RIN/Faraday. London, UK.

**DECEMBER 6-8 2004**

**GNSS 2004**

Sydney, Australia. The 2004 International Symposium on GPS/GNSS sponsored by the  
School of Surveying & Spatial Information Systems at the University of New South Wales.

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

**DECEMBER 8- 10 2004**

**NAVITEC 2004**

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

**JANUARY 24-26, 2005**

**ION 2005 National Technical Meeting**

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

**МАЙ 23-25 2005**

**XII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам**

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

**JUNE 27-29, 2005**

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

**JUNE 30-JULY 1 2005**

**ENC/GNSS 2005**

EUGIN/DGON, Munich, Germany.

**SEPTEMBER 13-16 2005**

**ION GNSS 2005**

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

**SEPTEMBER 26-29, 2006**

**ION GNSS 2006**

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

**OCTOBER 18-20 2006**

**12<sup>th</sup> IAIN World Congress**

IAIN/Korean ION, Busan, Korea.

**SEPTEMBER 25-28 2007**

**ION GNSS 2007**

US ION. Fort Worth TX, USA.



*Уважаемые читатели!*

Продолжается подписка на журнал «Новости навигации». Подписка оформляется через редакцию журнала.

Юридические и физические лица могут приобрести издаваемый журнал, оформив подписку либо заказ на конкретный номер бюллетеня, а также за наличный расчет. Время оформления подписки не ограничено.

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

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

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

ФГУП «НТЦ СНТ «Интернавигация».

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

Факс: (095) 926-28-83

E-mail: [internavigation@rgcc.ru](mailto:internavigation@rgcc.ru).

---

Главному редактору  
журнала «Новости навигации»

109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 2

**Бланк-заказ**

Просим оформить подписку на \_\_\_\_\_ экз. журнала «Новости навигации».

Стоимость подписки в сумме \_\_\_\_\_

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

Платежное поручение № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г.

(Следует приложить к заказу копию платежного поручения).

Заказ направить по адресу:

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

город, улица, дом \_\_\_\_\_

Кому \_\_\_\_\_

(полное название организации или ФИО заказчика)

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

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

Страницы рукописи не нумеруются. Отдельно представляются сведения об авторах: контактные телефоны, факсимиле, адрес электронной почты.
3. Объем текста теоретического характера, как правило, должен быть не более 1 усл. печ. листа, а практического - 2/3 усл. печ. листа.
4. Для выделения отдельных пунктов в тексте или графическом материале необходимо использовать только арабскую нумерацию.
5. Рукопись должна быть представлена в виде файла формата *MS Word (\*.doc)* на магнитном или оптическом (CD) носителе и распечатки в двух экземплярах. После рецензирования, при наличии замечаний, рукопись с дискетой возвращается автору на доработку. В отдельных случаях возможен обмен отредактированными материалами по электронной почте.
6. При наборе текста необходимо использовать следующие шрифты: *Times New Roman* и *Symbol*. Размер шрифта для заголовков статей - 16, ФИО авторов - 14, подзаголовков - 12, текста - 12, для сносок - 10, интервал - множитель с коэффициентом 1,3.
7. Иллюстративный и графический материал представляется в тексте и отдельно в виде файлов формата *jpg, tiff*, предпочтительно в портретной ориентации, в черно-белом цвете. Математические формулы оформляются через редактор формул *"Equation Editor"*.