

НОВОСТИ НАВИГАЦИИ

№ 3, 2011 г.

**Научно-технический
журнал
по проблемам навигации**
УДК 621.78:525.35
ISSN 2223-0475

Редакционная коллегия:

Главный редактор – Царев В. М.,
генеральный директор
НТЦ «Интернавигация», к.т.н.,
заслуженный работник связи РФ
Редактор – Соловьев Ю. А.,
д.т.н., проф.
Отв. редактор – Цикалова Е. Г.

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СОВЕТЕ «РАДИОНАВИГАЦИЯ»

ВЫСТАВКА «20 ЛЕТ СНГ»: ИТОГИ.....	3
ЗАСЕДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКАЗЧИКОВ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ ГОСУДАРСТВ-УЧАСТНИКОВ СНГ НА ПЕРИОД ДО 2012 ГОДА.....	4

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАТЬИ, ОБЗОРЫ, РЕФЕРАТЫ

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПЕРЕБОРНЫЙ АЛГОРИТМ РАЗРЕШЕНИЯ ФАЗОВОЙ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ПО СИГНАЛАМ СРНС	7
А. М. Алешечкин	
О НОВОЙ ВЕРСИИ АЭРОНАВИГАЦИОННОГО ПАСПОРТА АЭРОДРОМА	16
С. Л. Белгородский, Г. Н. Кувыркова, Л. Н. Шукина	
ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В ИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЕ БИНС-500.....	23
А. В. Черноводаров, А. П. Патрикеев, Ю. Н. Коркишко, В. А. Федоров	

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЛАБОРАТОРИИ «ИНТЕРНАВИГАЦИЯ-ТЕСТ» ДЛЯ СЕРТИФИКАЦИИ ПРИЕМНИКОВ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ	33
В. М. Царев, С. В. Михайлов, Н. А. Мещеряков, А. В. Засецкий	

ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ: НАДЕЖНОСТЬ И УЯЗВИМОСТЬ.....	37
-------------------------------------------------------------------------------	----

<u>ОПЕРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</u>	39
-------------------------------------	----

КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ, СОВЕЩАНИЯ

ОБОРУДОВАНИЕ НАВИГАЦИИ, ПОСАДКИ, НАБЛЮДЕНИЯ И УВД НА МАКС-2011	51
-------------------------------------------------------------------------	----

ИЗ ИСТОРИИ НАВИГАЦИИ

ОБ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ВОЗДУШНОЙ НАВИГАЦИИ	55
Г. Ф. Молоканов	

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

К 70-летию ВАДИМА СТЕПАНОВИЧА ЖОЛНЕРОВА	61
К 90-летию СЕРГЕЯ ПАВЛОВИЧА НЕПОБЕДИМОГО.....	62

<u>НОВЫЕ КНИГИ И ЖУРНАЛЫ</u>	64
------------------------------------	----

<u>ПЛАНЫ И КАЛЕНДАРИ</u>	68
--------------------------------	----

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

Дизайн и компьютерная верстка: **Г. Б. Маравин**
Типография ООО «АвтоПринт» 109052 г. Москва, ул. Смирновская, 25 корп. 7

Contents

IN THE RADIONAVIGATION INTERSTATE COUNCIL

EXHIBITION «20 YEARS OF THE COMMONWEALTH
OF INDEPENDENT STATES» 3

SESSION OF STATE CUSTOMERS
OF THE INTERSTATE RADIONAVIGATION PROGRAM 4

SCIENTIFIC ARTICLES, REVIEWS, SYNOPSES

IMPROVED INTEGER PHASE AMBIGUITY SEARCH
ALGORITHM FOR ATTITUDE DETERMINATION USING GNSS SIGNALS 7
A. M. Aleshechkin

ON THE NEW REVISION OF THE AIRFIELD AERONAVIGATION PASSPORT 16
S. L. Belogorodsky, G. N. Kuvyrkova, L. N. Shchukina

SOFTWARE AND HARDWARE FOR INCREASING THE INFORMATIONAL
RELIABILITY OF NAVIGATIONAL DETERMINATIONS
AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE SINS-500
INERTIAL SATELLITE SYSTEM 23
A. V. Chernodarov, A. P. Patrikeev, Ju. N. Korkishko, V. A. Fedorov

NOVEL CAPABILITIES OF THE INTERNAVIGATION-TEST LAB
IN CERTIFICATION OF SATELLITE NAVIGATION SIGNAL RECEIVERS 33
V. M. Tsarev, S. V. Mikhailov, N. A. Meshcheriakov, A. V. Zasetsky

GLOBAL NAVIGATION SPACE SYSTEMS: RELIANCE AND VULNERABILITIES 37

OPERATING INFORMATION 39

CONFERENCES, EXHIBITIONS, MEETINGS

MAKS-2011 51

FROM THE HISTORY OF NAVIGATION

ON THE PHASES OF AIR NAVIGATION DEVELOPMENT 55
G. F. Molokanov

OUR CONGRATULATIONS 61

NEW BOOKS AND MAGAZINES 64

PLANS AND CALENDARS 68

ВЫСТАВКА «20 ЛЕТ СНГ»: ИТОГИ

EXHIBITION «20 YEARS OF THE COMMONWEALTH OF INDEPENDENT STATES»

Юбилейная Межгосударственная выставка «20 лет СНГ: к новым горизонтам партнёрства» проходила с 28 июня по 3 июля 2011 года в павильоне № 75 Всероссийского выставочного центра на площади в 14000 кв.м. Армения, Белоруссия, Казахстан, Азербайджан, Киргизия, Молдавия, Туркменистан, Таджикистан, Украина и Российская Федерация демонстрировали достижения народного хозяйства. В целом, на выставке работали более 2500 человек. В первый день работы экспозиции свою приветственную телеграмму участникам, организаторам и гостям направил Премьер-министр РФ Владимир Путин. *«Сегодня можно с уверенностью утверждать — СНГ состоялось как геополитическая реальность, как интеграционное объединение, играющее важнейшую роль в обеспечении стабильности и безопасности на евразийском пространстве, в налаживании многогранных деловых, гуманитарных, человеческих контактов»*, — говорится в телеграмме.

Выступая на церемонии открытия, исполнительный секретарь СНГ Сергей Лебедев заявил: *«Межгосударственная выставка, посвященная 20-летию СНГ, наглядно демонстрирует конкретные достижения и уровень реального сотрудничества государств»*. По его словам, этот форум содействовал развитию межгосударственного сотрудничества по приоритетным направлениям — в экономической, социальной, гуманитарной сферах.

28 июня на праздничной церемонии с участием представителей Исполкома СНГ, а также стран Содружества честь открытия юбилейной выставки «20 лет СНГ: к новым горизонтам партнерства» была предоставлена председателю Межгосударственного совета по выставочно-ярмарочной и конгрессной деятельности СНГ, Генеральному директору ОАО ГАО «ВВЦ» Ивану Малахову. На протяжении шести дней почетные гости — послы стран СНГ в России, представители исполкома СНГ, руководство Всероссийского выставочного центра принимали активное участие в деловой программе выставки. В рамках экспозиции практически все государства СНГ провели на ВВЦ свои национальные Дни. На церемонии торжественного открытия Дня России 1 июля 2011 года заместитель министра промышленности и торговли РФ Георгий Каламанов отметил: *«Межгосударственная выставка «20 лет СНГ» — это знаковое событие не только для россиян, но и для представителей всех государств СНГ»*.

По итогам работы юбилейной Межгосударственной выставки «20 лет СНГ: к новым горизонтам партнёрства», с 28 июня по 3 июля 2011 года, на территории ВВЦ между представителями разных стран СНГ было подписано более 20 всевозможных соглашений.

Работа форума сопровождалась обширной культурной программой. В рамках выставки на открытой площадке проходил Фестиваль культуры народных традиций стран СНГ. За 6 дней перед москвичами и гостями российской столицы выступили около 700 танцоров и музыкантов из разных стран. Финальный день форума завершился праздничным Гала-концертом, в котором приняли участие фольклорные коллективы из Белоруссии, Киргизии, Казахстана, Туркменистана, других стран. Особым гостем фестиваля стал Сиднейский оркестр русских народных инструментов «Балалайка», который прибыл в Москву по приглашению руководства Всероссийского выставочного центра.

3 июля, на церемонии закрытия выставки заместитель председателя Исполкома СНГ *Анатолий Дронь* поблагодарил всех, кто содействовал организации форума, и выразил мнение, что следующая такая выставка будет посвящена 25-летию юбилею Содружества. *«Впрочем, на этом выставочно-конгрессные мероприятия не заканчиваются. В завершающую стадию вступает процесс передачи павильонов Всероссийского выставочного центра странам СНГ»*, — сообщил Анатолий Дронь. — *Я уверен, что в ближайшее время здесь появится живописный городок, который продолжит традиции ВСХВ-ВДНХ СССР-ВВЦ»*.

Отметим, что сейчас на территории Всероссийского выставочного центра работают три павильона стран СНГ — Армении, Белоруссии, Киргизии. Кроме того, как заявили на выставке «20 лет СНГ» представители Молдавии, в ближайшее время на ВВЦ, в павильоне № 10, откроется представительство и этой страны.

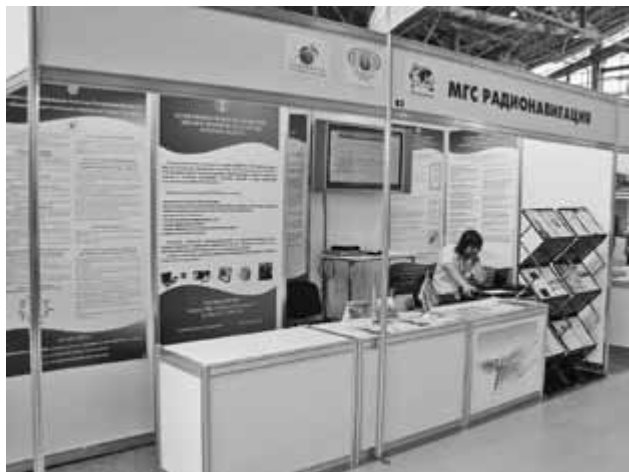
После церемонии закрытия итоги выставки подвел и председатель Межгосударственного совета по выставочно-ярмарочной и конгрессной деятельности СНГ, руководитель ВВЦ Иван Малахов. *«Юбилейная выставка «20 лет СНГ: к новым горизонтам партнерства» стала праздником дружбы народов, представители которых, как и в прежние годы, вновь собрались на территории Всероссийского выставочного центра»*, — отметил он.

Пресс-служба ОАО «ГАО ВВЦ»

Тел./факс (495) 7483420; E-mail: pr@vvcnet.ru, www.vvcnet.ru

Гости выставки посетили стенд Межгосударственного Совета «Радионавигация» (МГС «Радионавигация»). Среди них были как руководители крупных предприятий, так и участники выставки. Наибольший интерес был проявлен к продукции предприятия:

- «Мачты сборной-разборной конструкции».
- Журнал «Новости навигации».
- Электронный архив журналов.



- начальник сектора Пирогов Павел Игоревич;
- главный специалист Химич Валерий Михайлович;
- главный специалист Афанасьева Маргарита Александровна;
- ведущий специалист Кальянов Алексей Никитич. От АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» (Республика Казахстан):
- директор центра Ашуров Абдикул Еркулович;
- начальник отдела Буралхиева Разия Сламхановна;



Также гостями стенда был проявлен интерес к продукции предприятий-участников межгосударственной радионавигационной программы.

На стенде МГС «Радионавигация» работали квалифицированные специалисты:

- От ОАО «НТЦ «Интернавигация» (Российская Федерация):
- начальник научно-информационного отдела Ковынёв Станислав Николаевич;

- ведущий специалист Есенов Алимжан Серикович. От НП РУП «СКБ «Камертон» (Республика Беларусь):
 - начальник 1-го управления Церкович Илья Анатольевич.
- Межгосударственный Совет «Радионавигация» награжден Дипломом участника выставки. Предприятие ОАО «НТЦ «Интернавигация» награждено Дипломом за участие в выставке.



ЗАСЕДАНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКАЗЧИКОВ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ ГОСУДАРСТВ- УЧАСТНИКОВ СНГ НА ПЕРИОД ДО 2012 ГОДА 11–12 августа 2011 г., Астана

SESSION OF STATE CUSTOMERS OF THE INTERSTATE RADIONAVIGATION PROGRAM

11–12 августа 2011 г. в г. Астане прошло заседание национальных государственных заказчиков Межгосударственной радионавигационной программы государств-участников СНГ на период до 2012 г.

В соответствии с протоколом заседания национальных государственных заказчиков

Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ от 16–17 февраля 2011 года очередное заседание национальных государственных заказчиков запланировали провести в августе 2011 года в г. Астане. В рабочем порядке согласовали даты проведения заседания 11–12 августа 2011 года.

На заседании обсуждены вопросы о ходе работ по указанной Программе в 2011 году и о дальнейших планах работ на 2011 год.

В заседании приняли участие:



от Исполнительного комитета СНГ:

- консультант департамента экономического сотрудничества Верещако В. А.;

от Республики Беларусь:

- представитель Государственного военно-промышленного комитета Республики Беларусь (доверенность № 01–52/1357вн от 03.08.2011 г.), директор УП «СКБ Камертон» Кобелев Г. П.;



от Республики Казахстан:

- заместитель Председателя Национального космического агентства Республики Казахстан (Казкосмос) Молдабеков М. М.;
- и.о. директора Департамента сопровождения космических проектов Казкосмоса Казиев Б. Н.;
- и.о. Президента АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Нургужин М. Р.;
- вице-президент по развитию АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Дюсенев С.Т.;

- директор Центра системы высокоточной спутниковой навигации АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Ашуров А. Е.;
- заместитель директора Центра системы высокоточной спутниковой навигации АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Мурат С. А.;
- и.о. директора Департамента правового обеспечения и международных связей АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары» Сейтбеков Т. Е.;

от Российской Федерации:

- представитель Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (доверенность № 11–5362 от 09.08.2011 г.), генеральный директор ОАО «НТЦ «Интернавигация» Царев В. М.



В ходе заседания были рассмотрены вопросы:

1. О выполнении решений заседания национальных государственных заказчиков Межгосударственной радионавигационной программы государств-участников СНГ на период до 2012 года (далее – МРП) от 16–17 февраля 2011 года.
 2. О ходе работ по реализации МРП в 2011 году.
 3. Об обращении в Исполнительный комитет СНГ о продлении срока действия МРП на 2013 год.
 4. О внесении изменений в утвержденные технические задания и частные технические задания МРП.
 5. О порядке сдачи выполненных работ национальным государственным заказчикам МРП.
 6. О рассмотрении проекта Радионавигационного плана государств-участников СНГ.
 7. О разработке проекта Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ на период до 2020 года.
 8. Об определении головных исполнителей по пунктам 7 и 8 Перечня мероприятий МРП.
 9. О проведении очередного заседания национальных государственных заказчиков МРП.
- По итогам обсуждения рассматриваемых вопросов приняты решения:
1. По п. 1 повестки дня.
 - 1.1. Принять к сведению информацию представителей национальных государственных заказчиков МРП

об исполнении решений заседания от 16–17 февраля 2011 года.

- 1.2. Руководителям УП «СКБ Камертон», АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», ОАО «НТЦ «Интернавигация» организовать координацию работ по МРП и обеспечить надлежащий контроль за выполнением работ.
- 1.3. Национальным государственным заказчикам МРП обеспечить своевременное представление отчетов о ходе реализации МРП за 2011 год заказчику – координатору МРП.
- 1.4. УП «СКБ Камертон», АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», ОАО «НТЦ «Интернавигация» до 1 сентября 2011 года проинформировать Межгосударственный совет «Радионавигация» об участии заинтересованных предприятий и организаций Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации в научно-технической конференции «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения» (г. Москва, октябрь).
- 1.5. Руководителям УП «СКБ Камертон», АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», ОАО «НТЦ «Интернавигация» обеспечить видеоконференцсвязь для взаимодействия специалистов при выполнении НИОКР МРП.
2. По п. 2 повестки дня.
 - 2.1. Принять к сведению информацию представителей национальных государственных заказчиков МРП о ходе реализации МРП в 2011 году.
 - 2.2. В Республике Беларусь выполнение и финансирование ОКР по МРП осуществляется в рамках государственной научно-технической программы «Радиосвязь и навигация» не в полном объеме. Вопрос финансирования НИР в настоящее время не решен.

Просить Государственный военно-промышленный комитет Республики Беларусь принять меры по обеспечению финансирования мероприятий МРП. В Республике Казахстан выполнение работ в рамках МРП организовано за исключением НИР «РНП – СНГ» и ОКР «Информатизация – СНГ» в связи с отсутствием финансирования. В настоящее время вопрос финансирования НИР «РНП – СНГ» и ОКР «Информатизация – СНГ» внесен на рассмотрение Республиканской бюджетной комиссии Республики Казахстан. В Российской Федерации работы выполняются в соответствии с МРП, финансирование обеспечено в полном объеме.
 - 2.3. Головным организациям-исполнителям МРП проводить консультационные работы с соисполнителями на регулярной основе.
 - 2.4. До 1 сентября 2011 года УП «СКБ Камертон», АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары», ОАО «НТЦ «Интернавигация» взаимно проинформировать по составу главных конструкторов ОКР и руководителей НИР, выполняемых в рамках МРП.
 - 2.5. УП «СКБ Камертон», АО «НК «Казахстан Гарыш



Сапары» обратиться в Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации с просьбой по оказанию консультативной помощи при выполнении НИР «Сертификация – СНГ» и НИР «Норматив – СНГ».

3. По п. 3 повестки дня.
 - 3.1. Принять к сведению информацию представителя Исполкома СНГ Верещако В. А. о преждевременности постановки вопроса о продлении срока действия МРП на 2013 год.
 - 3.2. Национальным государственным заказчикам принять меры по обеспечению выполнения МРП в установленные сроки.
4. По п. 4 повестки дня.

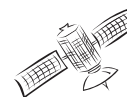
Национальным государственным заказчикам до 15 сентября 2011 года провести анализ хода выполнения работ по МРП. По результатам анализа определить возможные сроки завершения НИОКР МРП и внести изменения в утвержденные технические задания и частные технические задания.
5. По п. 5 повестки дня.

Национальным государственным заказчикам МРП разработать и утвердить до 1 ноября 2011 года решение о порядке приема-сдачи выполненных НИОКР МРП.
6. По п. 6 повестки дня.

Принять к сведению информацию Царева В. М. о ходе разработки и согласования государствами участниками СНГ проекта Радионавигационного плана государств участников СНГ.
7. По п. 7 повестки дня.

Принять к сведению информацию Царева В. М. об обращении Межгосударственного совета «Радионавигация» к государствам – участникам СНГ о разработке и реализации Межгосударственной радионавигационной программы государств – участников СНГ на период до 2020 года.
8. По п. 8 повестки дня
 - 8.1. Определить головным исполнителем НИР «Разработка концепции и технических предложений по созданию интеллектуальной системы наземного транспорта стран СНГ, отвечающей международным нормам и требованиям» АО «НК «Казахстан Гарыш Сапары».
 - 8.2. Определить головным исполнителем НИР «Разработка концепции, определяющей использование радионавигационной информации в интересах различных групп потребителей государств – участников СНГ» ОАО «НТЦ «Интернавигация».
 - 8.3. Поручить головным исполнителям до 1 ноября 2011 года разработать и утвердить технические задания на указанные работы.
9. По п. 9 повестки дня.

Очередное заседание национальных государственных заказчиков по вопросам реализации МРП провести в феврале 2012 года в г.



УДК 621.396.96

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПЕРЕБОРНЫЙ АЛГОРИТМ РАЗРЕШЕНИЯ ФАЗОВОЙ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ПО СИГНАЛАМ СРНС

А. М. Алешечкин¹

В статье приведены результаты разработки и исследования усовершенствованного переборного алгоритма определения угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS. Представлены результаты оценки вероятности правильного разрешения неоднозначности при определении угловой ориентации переборным методом с определением целочисленных неоднозначностей по минимальному составу спутников и уточнением оптимальной комбинации целочисленных неоднозначностей по критерию максимального правдоподобия. В отличие от известных алгоритмов в предложенном методе наряду с определением угловой ориентации осуществляется оценка расстояния между антеннами объекта. Приводятся и обсуждаются результаты моделирования и экспериментальных исследований предложенного метода.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, спутниковые радионавигационные системы, фазовые, неоднозначности, GPS

IMPROVED INTEGER PHASE AMBIGUITY SEARCH ALGORITHM FOR ATTITUDE DETERMINATION USING GNSS SIGNALS

A. M. Aleshechkin

The paper presents the results of development and analysis of improved algorithm of integer ambiguity resolution using GLONASS and GPS global navigation satellite systems. The results of evaluation of the correct ambiguity resolution probability are presented. These results have been obtained by attitude determination with whole-cycle integer phase ambiguities search for minimum satellites constellation with the selection of optimum integer ambiguity by the criterion of maximum likelihood. Unlike the known algorithms, in the proposed improved algorithm along with attitude determination the distance between the interferometer antennas is estimated. The results of simulation and in-field tests of the proposed algorithm are discussed.

Введение

Режим определения пространственной ориентации по результатам измерений параметров сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) спутниковых радионавигационных систем (СРНС) ГЛОНАСС/GPS, принятых разнесенными в пространстве антеннами, является одним из перспективных направлений расширения функциональных возможностей навигационной аппаратуры потребителей (НАП) и вызывает интерес у большого числа потребителей [1]. При реализации данного режима обеспечивается определение положения объекта в пространстве не как материальной точки, а как трехмерного объекта, что позволяет более эффективно решать задачи управления движением объектов, значительно расширяет области применения НАП. Используя информацию о пространственной ориентации можно определить координаты любой заданной точки объекта, в которой невозможна установка приемной антенны НАП,

например, при определении положения ковша экскаватора или положения черпакового барабана золотодобывающей драги, находящегося под водой [2,3]. На железнодорожном транспорте возможно определение уклона продольного профиля пути или взаимного положения рельсовых нитей по высоте (уровень) [4,5].

Кроме расширения возможностей использования НАП по целевому назначению, режим определения пространственной ориентации обеспечивает наиболее эффективное комплексирование НАП с инерциальными измерительными модулями (ИИМ). Такое комплексирование обеспечивает значительное повышение помехозащищенности НАП и точности определения радионавигационных параметров (РНП) вследствие возможности сужения полосы следящих систем приемника. Кроме того, использование ИИМ позволяет не прекращать формирование навигационных отсчетов при перерывах в приеме сигналов НКА,

¹ А. М. Алешечкин - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, Красноярск

обусловленных воздействием помех и/или затенениями от местных предметов, а также оперативно восстанавливать слежение за сигналами НКА после перерывов в их приеме [6].

В настоящее время известны два радиотехнических метода измерения направлений: амплитудный и фазовый (интерферометрический) [7]. Анализ публикаций в технической литературе и рекламных материалов [8–11] показывает, что практически вся выпускаемая НАП СРНС, выполняющая определение ориентации объектов, использует интерферометрический метод измерений. Применение этого метода требует наличия на борту объекта нескольких пространственно разнесенных антенн, принимающих сигналы НКА. На основании измерений фазовых сдвигов (ФС) сигналов НКА, принятых разнесенными антеннами, пользователь оценивает ориентацию базовой линии, соединяющей приемные антенны НАП, а по ней – свою собственную ориентацию.

Исходные уравнения при определении угловой ориентации интерферометрическим методом

При определении ориентации с использованием СРНС измеряемыми параметрами являются углы между осями объекта и векторами-направлениями на каждый из НКА. Координаты НКА и объекта считаются известными, следовательно, можно найти угол α_i между базовой линией, расположенной параллельно одной из осей объекта и направлением i -й НКА (рис. 1). При этом расстояние между антеннами B может быть либо известным, либо неизвестным.

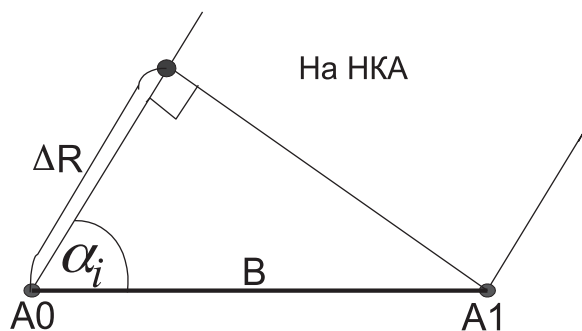


Рис. 1. Определение ориентации объекта интерферометрическим методом

Как показано в [12], фазовый сдвиг (ФС) сигнала i -го НКА, принимаемого двумя антеннами объекта, и косинус угла α_i между вектором-базой и вектором-направлением на НКА связаны между собой выражением:

$$\cos \alpha_i = \frac{\lambda_i \Phi_i}{2\pi B}, \quad (1)$$

где $i = 1, \dots, n$; n – общее число НКА, используемых для определения угловой ориентации объекта; λ_i – длина волны сигнала i -го НКА; Φ_i – ФС сигнала i -го НКА, принятого двумя пространственно разнесенными антеннами объекта; B – расстояние между антеннами.

Вычисление направляющих косинусов вектора-базы осуществляется на основе уравнения, полученного

исходя из правила вычисления скалярного произведения векторов в декартовой системе координат:

$$\cos \alpha_i = \frac{x_{ci} - x}{R_i} \cos \beta_x + \frac{y_{ci} - y}{R_i} \cos \beta_y + \frac{z_{ci} - z}{R_i} \cos \beta_z, \quad (2)$$

где: x, y, z – координаты объекта в геоцентрической системе координат (ГЦСК); x_{ci}, y_{ci}, z_{ci} – координаты i -го НКА в ГЦСК, получаемые в процессе решения навигационно-временной задачи (НАВЗ);

$$R_i = \sqrt{(x_{ci} - x)^2 + (y_{ci} - y)^2 + (z_{ci} - z)^2} \quad -$$

расстояние между объектом и i -м НКА, вычисляемое по их известным координатам; $\cos \beta_x, \cos \beta_y, \cos \beta_z$ – неизвестные направляющие косинусы вектора-базы, соединяющей пространственно разнесенные антенны объекта;

Если в системе уравнений (2) обозначить:

$$k_{xi} = \frac{x_{ci} - x}{R_i}; k_{yi} = \frac{y_{ci} - y}{R_i}; k_{zi} = \frac{z_{ci} - z}{R_i}, \quad (3)$$

то данные коэффициенты будут представлять собой направляющие косинусы векторов-направлений от объекта на НКА.

С учетом принятых обозначений система уравнений (2) запишется следующим образом:

$$k_{xi} \cos \beta_x + k_{yi} \cos \beta_y + k_{zi} \cos \beta_z = \frac{\lambda_i \Phi_i}{2\pi B}. \quad (4)$$

Систему (4) можно дополнить нелинейным уравнением связи между направляющими косинусами [13–15], имеющим вид:

$$(\cos \beta_x)^2 + (\cos \beta_y)^2 + (\cos \beta_z)^2 = 1 \quad (5)$$

При определении ориентации объекта часто неизвестными являются не только направляющие косинусы вектора-базы, но и расстояние между антеннами B [15]. При этом, выполнив замену переменных в выражениях (4) и (5), можно записать

$$k_{xi} \cos^* \beta_x + k_{yi} \cos^* \beta_y + k_{zi} \cos^* \beta_z = \frac{\lambda_i \Phi_i}{2\pi}, \quad (6)$$

$$(\cos^* \beta_x)^2 + (\cos^* \beta_y)^2 + (\cos^* \beta_z)^2 = B^2, \quad (7)$$

$$\cos^* \beta_x = B \cdot \cos \beta_x;$$

где $\cos^* \beta_y = B \cdot \cos \beta_y;$

$$\cos^* \beta_z = B \cdot \cos \beta_z.$$

Величины $\cos^* \beta_x, \cos^* \beta_y, \cos^* \beta_z$ являются координатами фазового центра антенны А1 относительно фазового центра антенны А0 (рис. 1).

Если в вышеприведенных уравнениях обозначить:

$$\begin{aligned} X &= \cos \beta_x; Y = \cos \beta_y; Z = \cos \beta_z; \\ X^* &= \cos^* \beta_x; Y^* = \cos^* \beta_y; Z^* = \cos^* \beta_z, \end{aligned} \quad (8)$$

то система уравнений для случая известного расстояния между антеннами объекта примет вид:

$$\begin{cases} k_{xi} X + k_{yi} Y + k_{zi} Z = \frac{\lambda_i \Phi_i}{2\pi B} \\ X^2 + Y^2 + Z^2 = 1 \end{cases} \quad (9)$$

В случае неизвестного расстояния между антеннами система уравнений для определения ориентации объекта запишется в виде:

$$\begin{cases} k_{xi} X^* + k_{yi} Y^* + k_{zi} Z^* = \frac{\lambda_i \Phi_i}{2\pi} \\ X^{*2} + Y^{*2} + Z^{*2} = B^2 \end{cases} \quad (10)$$

В [13–16] исследованы методы решения систем уравнений (9) и (10) для случаев минимального и избыточного созвездий НКА, а также показано влияние взаимного расположения спутников и объекта на точность определения его ориентации.

Однако определение ориентации объекта путем прямого решения систем (9) и (10) на практике возможно, только если расстояние между антеннами не превышает длины волны принятых сигналов λ_i и отсутствует аппаратурная систематическая погрешность измерений фазовых сдвигов. Лишь в этом случае значения измеренных ФС принятых сигналов φ_i равны полным фазовым сдвигам сигналов Φ_i , пропорциональным разности хода сигналов, принимаемых двумя антеннами НАП.

Определение угловой ориентации при наличии неоднозначности и систематической погрешности фазовых измерений

С целью повышения точности при определении ориентации объектов используют НАП с расстоянием между антеннами, превышающим длину волны принимаемых сигналов. Например, длина волны сигналов СРНС ГЛОНАСС составляет около 20 см, а расстояние между антеннами может составлять два метра и более. Существующие фазометры имеют диапазон однозначных измерений 1800 или 3600, т. е. $\lambda/2$ или λ . Кроме того, при измерениях ФС возникают аппаратурные систематические погрешности, обусловленные разным временем прохождения принятых сигналов в антенных каналах НАП. В связи с этим выражение для полных ФС принятых сигналов можно записать в виде [17]:

$$\Phi_i = 2\pi k_i + \Delta\varphi_{ci} + \varphi_i, \quad (11)$$

где k_i – число целых циклов неоднозначности 3600 в полном ФС сигнала i -го НКА; $\Delta\varphi_{ci}$ – не зависящая от времени аппаратурная систематическая погрешность измерения фазового сдвига сигнала i -го НКА; φ_i – измеренное значение ФС сигнала i -го НКА, принятого двумя пространственно разнесенными антеннами объекта.

С учетом наличия систематической погрешности и неоднозначности система уравнений (9), записанная для известного расстояния между антеннами, примет вид:

$$\begin{cases} k_{xi} X + k_{yi} Y + k_{zi} Z = \frac{\lambda_i (2\pi k_i + \Delta\varphi_{ci} + \varphi_i)}{2\pi B} \\ X^2 + Y^2 + Z^2 = 1. \end{cases} \quad (12)$$

В случае если расстояние между антеннами НАП неизвестно, система уравнений (10) запишется аналогично:

$$\begin{cases} k_{xi} X^* + k_{yi} Y^* + k_{zi} Z^* = \frac{\lambda_i (2\pi k_i + \Delta\varphi_{ci} + \varphi_i)}{2\pi} \\ X^{*2} + Y^{*2} + Z^{*2} = B^2. \end{cases} \quad (13)$$

При определении ориентации объекта обычно известны лишь значения измеренных ФС несущих частот сигналов, принятых НАП, обозначаемые как φ_i в вышеприведенных уравнениях. Значения целочисленной неоднозначности k_i и аппаратурной систематической погрешности измерений $\Delta\varphi_{ci}$ при проведении измерений неизвестны и должны быть определены вместе с неизвестными относительными координатами дополнительной антенны X^*, Y^*, Z^* , либо их следует исключить из уравнений.

В зарубежной литературе описаны алгоритмы прямого поиска неоднозначностей путем перебора всех возможных значений комбинаций k_1, \dots, k_n для всех принимаемых НКА [18, 19].

Данные алгоритмы основаны на восстановлении полных фазовых сдвигов из измеренных ФС путем добавления к ним значений целочисленных неоднозначностей, кратных одному фазовому циклу, или 360° . Поскольку угловая ориентация антенн интерферометра неизвестна, значения разностей хода принятых сигналов могут находиться в пределах $\pm B$, чему соответствует диапазон значений целочисленной неоднозначности N_{max} :

$$N_{max} = \pm \left[\frac{B}{\lambda} + 0,5 \right], \quad (14)$$

где B – расстояние между антеннами интерферометра; λ – длина волны принятых сигналов; $[*]$ – означает операцию выделения целой части числа.

Следует отметить, что данный метод разрешения фазовой неоднозначности является одномоментным, т. е. для получения решения в принципе достаточно проведения одного измерения ФС для сигналов n НКА. К недостаткам метода следует отнести достаточно высокие требования к вычислительным ресурсам процессора вторичной обработки навигационной информации, решающего задачу определения углового положения, а также появление возможности появления грубых погрешностей, обусловленных ошибочным определением значений неоднозначности k_i .

Из (14) следует, что при восстановлении полных фазовых сдвигов Φ_i по их измеренным значениям φ_i необходимо перебрать $[2N_{max}+1]^n$ комбинаций их неоднозначностей. Например, при реализации интерферометра с расстоянием между антеннами $B=1$ м величина $N_{max} = 5$, что при работе по сигналам 4 НКА приведет к необходимости нахождения $11^4 = 14641$ решений, а при работе по 8 НКА число решений составит $11^8 \cong 2 \times 10^8$.

В связи с этим требуется модернизация переборного алгоритма определения углового положения с целью

уменьшения числа возможных решений и сокращения времени вычислений.

Для уменьшения числа анализируемых решений может быть использован способ нахождения начального набора возможных решений по минимальному числу НКА, необходимых для решения задачи определения угловой ориентации [18].

Решение системы уравнений по минимальной группировке из 2-х НКА

Система уравнений при известном расстоянии между антеннами B содержит 3 неизвестных – X, Y, Z . Следовательно, с использованием нелинейного уравнения связи для решения задачи определения углового положения достаточно всего 2-х НКА. Система уравнений (9) для этого случая примет вид:

$$\begin{cases} k_{x1} \cdot X + k_{y1} \cdot Y + k_{z1} \cdot Z = \Phi_1 \\ k_{x2} \cdot X + k_{y2} \cdot Y + k_{z2} \cdot Z = \Phi_2 \\ \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = 1, \end{cases} \quad (15)$$

где $\Phi_i = \frac{\lambda_i \cdot (\varphi_i + 2\pi \cdot k_i)}{2\pi \cdot B}$, $i = 1, 2$.

По найденным в результате решения системы уравнений (15) значениям направляющих косинусов в ГЦСК (X, Y, Z) по известным выражениям осуществляется переход в топоцентрическую систему координат (ТЦСК), в результате чего получают значения направляющих косинусов $\cos\beta_{xT}$, $\cos\beta_{yT}$ и $\cos\beta_{zT}$, заданных в ТЦСК. После этого, полученные значения используют для вычисления азимута u_a и угла места $u_{ум}$ антенной системы объекта. Решение системы уравнений (15) рассмотрено, например, в работе [20].

Схематически процесс перехода от параметров X, Y, Z к значениям Ψ_a и $\Psi_{ум}$

можно представить в виде:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \cos\beta_{xT} \\ \cos\beta_{yT} \\ \cos\beta_{zT} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \Psi_a \\ \Psi_{ум} \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Решение системы уравнений по минимальной группировке из 3-х НКА

Рассмотренное решение по минимальной группировке из 2-х НКА требует точного знания расстояния между антеннами интерферометра B . В случае если расстояние между антеннами B заранее неизвестно с требуемой точностью, для нахождения углового положения базы требуется принять сигналы 3-х НКА.

При этом в системе уравнений (10) используются только линейные уравнения системы, по которым находят значения X^*, Y^*, Z^* . Нелинейное уравнение системы служит для нахождения уточненного расстояния между антеннами B .

В результате решения системы уравнений по 3 НКА получают значения относительных координат фазового центра второй антенны X^*, Y^*, Z^* , заданных в ГЦСК. При использовании выражения (8) осуществляется переход к значениям направляющих косинусов вектора-базы X, Y, Z , затем, аналогично случаю 2-х НКА, осуществляется переход к значениям азимута Ψ_a и угла места $\Psi_{ум}$ в последовательности (16).

Реализация алгоритма

При разработке и моделировании алгоритма определения угловой ориентации объектов по сигналам СРНС значение расстояния между антеннами B было принято равным 0,5 м.

Результаты оценки погрешностей, приведенные в [21], показывают, что величина погрешности оценки угловой ориентации зависит от числа принимаемых НКА n , взаимного расположения потребителя и принимаемых НКА и собственной ориентации антенн угломерной НАП. При расстоянии между антеннами интерферометра $B = 0,5$ м при среднеквадратической погрешности измерения Φ_C , равной $3,6^\circ$, может быть достигнута погрешность измерения углового положения на уровне $0,1 \dots 0,3^\circ$.

Для многих потребителей эта точность вполне приемлема, а небольшое расстояние между антеннами упрощает изготовление антенной системы НАП и ее размещение на подвижном объекте.

В соответствии с (14) для $B = 0,5$ м $N_{max} = 3$, а $2N_{max} + 1 = 7$.

Таким образом, при работе по минимальному созвездию из 2-х НКА будет получено $7^2 = 49$ потенциальных решений для углового положения антенн интерферометра. С учетом того, что система уравнений (15) является нелинейной, для каждого вектора неоднозначностей в результате решения системы будет получено по 2 равноправных угловых положения, т. е. общее число анализируемых решений составит 98.

При работе по минимальному созвездию из 3-х НКА появляется возможность дополнительного определения расстояния между антеннами. В этом случае число потенциальных решений составит $7^3 = 343$.

Полученные значения решений для всех векторов неоднозначностей проверяются на соответствие априорно известным значениям азимута и угла места объекта, если таковые имеются. Априорные значения азимута и угла места объекта получают от имеющихся на борту объекта данных от внешних датчиков курса и качки (гирокомпасов, инерциальных навигационных систем). При отсутствии внешних датчиков априорные данные могут быть получены, исходя из специфики движения объекта (использование направления вектора скорости, линии железнодорожного пути и положения поезда на нем – для железнодорожных объектов, ограничений по углу места – для наземных объектов и т. д.).

Затем для каждого из оставшихся m решений по угловому положению объекта вычисляют значения неоднозначностей для остальных НКА, по которым

в данный момент проводятся измерения ФС j , по формуле:

$$k_{ij} = \left[\frac{1}{\lambda_i} \cdot (kx_i \cdot X_j + ky_i \cdot Y_j + kz_i \cdot Z_j) - \varphi_i + 0,5 \right], \quad (17)$$

где $i=3, \dots, n$ – номер НКА, для вычислений; n – общее число НКА; $j=1, \dots, m$ – номер имеющегося решения; m – общее число оставшихся решений; X_j, Y_j, Z_j – направляющие косинусы вектора-базы для j -го решения; λ_i – длина волны сигнала i -го НКА; k_{ij} – значение вектора неоднозначности для i -го НКА, полученное для j -го решения.

Используя вычисленные значения неоднозначностей k_{ij} , находят угловое положение вектора-базы по n НКА X_{nj}, Y_{nj}, Z_{nj} . По полученным значениям для каждого решения определяют сумму квадратов невязок Q_j левой и правой частей линейных уравнений системы (15) для всех НКА по формуле:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n \left(kx_i \cdot X_{nj} + ky_i \cdot Y_{nj} + kz_i \cdot Z_{nj} - \frac{\lambda_i \cdot (\varphi_i + 2\pi \cdot k_{ij})}{2\pi \cdot B} \right)^2. \quad (18)$$

Можно показать, что при нормальном законе распределения погрешностей измерений ФС решение, приводящее Q_j в минимум, является максимально правдоподобным, характеризующим угловое положение антенной системы интерферометра.

С целью повышения вероятности правильного разрешения неоднозначности процедура выбора одного решения из набора потенциальных может осуществляться по результатам нескольких разновременных измерений, т.е. по сути это будет фильтрация измерений во времени. При этом значения сумм квадратов невязок Q_j для каждого из проверяемых решений накапливаются во времени.

Отбраковка ложных решений с помощью фильтрации основана на том, что малая величина невязки ложного решения обусловлена множеством случайных факторов, зависящих от расположения НКА и ориентации объекта в пространстве. С течением времени эти условия нарушаются – за счет движения НКА и объекта, в результате невязка ложного решения возрастает по сравнению с истинным решением, что является основой для отбраковки ложных решений [22, 23].

Исходные данные при моделировании

Оценка вероятности правильного разрешения неоднозначности осуществлялась методом статистического моделирования по 100 измерениям фазовых сдвигов при следующих исходных данных:

1. число антенн интерферометра, образующих одну базу, 2;
2. ориентация антенной системы:

- по азимуту: $0 - 360^{\circ}$ с шагом 5° ;
- по углу места $- 0^{\circ}$;
- 3. расстояние между антеннами интерферометра $B=0,5$ м;
- 4. среднее квадратическое отклонение погрешности измеренных значений фазовых сдвигов сигналов НКА $\sigma_j=1; 3,6; 7,2^{\circ}$;
- 5. число НКА, по которым проводились измерения – 4, 8, 12;
- 6. координаты объекта: 55° северной широты, 92° восточной долготы;
- 7. расположение НКА при моделировании соответствует данным, представленным в таблице 1, где приведены значения азимута Ψ_{ac} и угла места $\Psi_{умс}$ НКА, заданные в местной системе координат.

На рис. 2 приведено расположение НКА, принятое при моделировании в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

График построен в полярных координатах, центр окружности соответствует углу места НКА $\Psi_{умс}$, равному 90° , край – углу места 0° . Угол от оси абсцисс соответствует азимутальному углу НКА Ψ_{ac} , выраженному в градусах. Цифры на графике соответствуют номеру НКА в таблице 1.

Таблица 1.

Значения азимута и угла места НКА, заданные при моделировании

№ НКА	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Psi_{ac}, ^{\circ}$	270	16	154	45	254	192	140	280	175	220	90	0
$\Psi_{умс}, ^{\circ}$	85	78	75	60	50	48	40	20	20	16	10	10

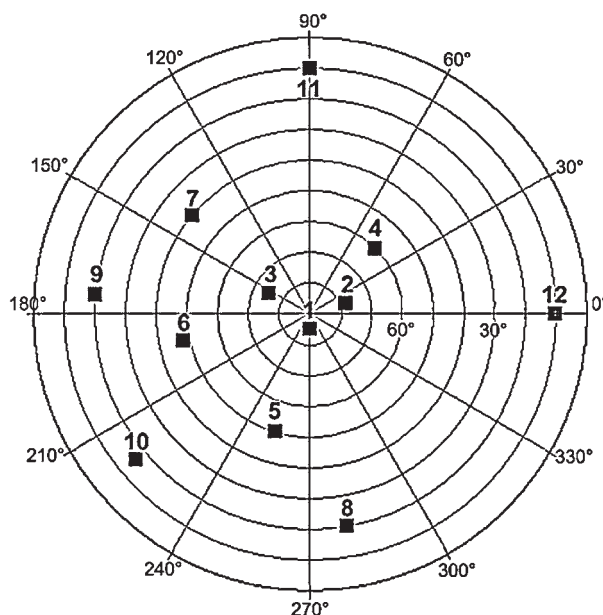


Рис. 2. Расположение НКА, заданное при моделировании

Расположение НКА в порядке убывания угла места необходимо при работе в реальных условиях, поскольку НКА с большим углом возвышения менее подвержены затенению местными предметами, имеют больший уровень принимаемых сигналов, и, как следствие,

меньшие значения погрешностей измеренных фазовых сдвигов. Начальное созвездие, предназначенное для поиска потенциальных решений по угловому положению вектора-базы, формируется в последовательности, указанной в таблице 1.

Таким образом, при работе по начальному созвездию из 2-х НКА в него войдут НКА с номерами 1 и 2, а при работе по начальному созвездию из 3-х НКА – НКА с номерами 1, 2, 3.

При проведении моделирования погрешности измерения ФС задавались в виде нормально распределенных случайных величин с нулевым математическим ожиданием и заданным среднеквадратическим отклонением (СКО).

Расчет вероятности правильного разрешения неоднозначности для начального созвездия из 2 НКА

Оценка вероятности правильного разрешения неоднозначности осуществлялась методом статистического моделирования путем формирования измеренных значений ФС и ввода в них погрешностей, характеризующих заданными значениями среднеквадратических погрешностей σ_j .

Измеренные ФС формировались на основе заданных значений азимута и угла места антенной платформы. На основе результатов измерений ФС в соответствии с алгоритмом вычислялись значения азимута и угла места антенной платформы объекта, а также полученные значения неоднозначностей для всех НКА. Полученные целочисленные неоднозначности сравнивались с известными значениями неоднозначностей, полученных в процессе формирования измеренных ФС. При совпадении заданного и вычисленного векторов неоднозначности полагалось, что неоднозначность устранена правильно.

В результате проведения 100 измерений в одной точке, характеризующей заданными значениями, вычислялась оценка вероятности правильного разрешения неоднозначности $P_{пр}$ по формуле:

$$P_{пр} = m/100, \tag{19}$$

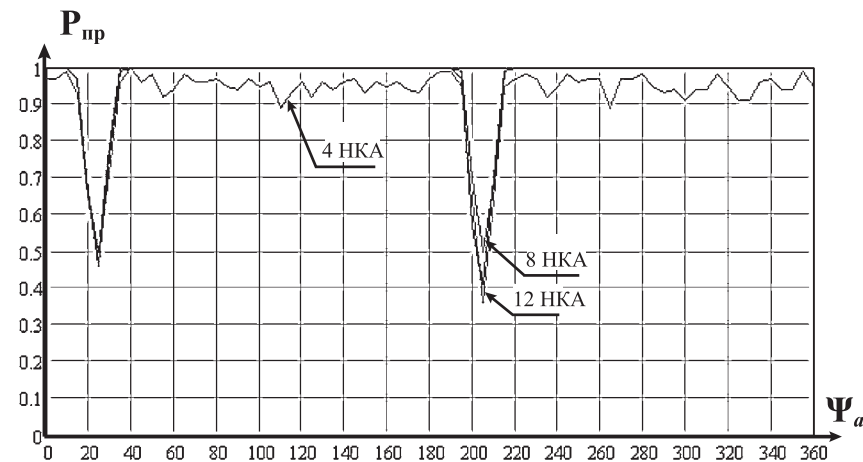


Рис. 3. Вероятность правильного РН: 4, 8, 12 НКА, $\sigma_j=1^\circ$, $\psi_{ум}=0^\circ$

где m – число совпадений вычисленного и заданного векторов неоднозначностей для НКА, используемых в расчетах.

На рис. 3 приведены зависимости вероятности правильного разрешения неоднозначности от азимута антенн объекта при решении задачи разрешения неоднозначности по созвездию из 4, 8 и 12 НКА для среднеквадратической погрешности измерения ФС $\sigma_j=1^\circ$ при угле места антенной системы $\psi_{ум}=0^\circ$.

На данном графике приведена зависимость $P_{пр}$ (ось ординат) от заданного угла азимута антенной системы Ψ_a (ось абсцисс), находящегося в пределах $0...360^\circ$ с шагом 5° . Графики приведены для разного числа НКА, используемых для решения задачи. Так, для созвездия из 4 НКА используются НКА с номерами 1–4 (см. таблицу 1), для 8 НКА – с номерами 1–8, для 12 НКА – все спутники.

Из рисунка видно, что вероятность правильного разрешения неоднозначности зависит от азимута антенной системы, причем минимумы вероятности наблюдаются в моменты совпадения направления вектора – базы с направлением на один из НКА начального созвездия. Данный эффект объясняется тем, что в этом случае система уравнений для определения угловой ориентации по минимальному созвездию НКА является плохо обусловленной и дает большую погрешность. Это приводит к тому, что на этапе проверки потенциальных решений по соответствию длины базы, и априорно известной ориентации, истинные решения могут быть отброшены, что в дальнейшем ведет к ошибочному разрешению неоднозначности.

Расчет вероятности для начального созвездия из 3 НКА

Были проведены исследования алгоритма определения угловой ориентации при поиске потенциальных решений по начальному созвездию, состоящему из 3-х НКА. В этом случае начальное созвездие образовано НКА с номерами 1, 2 и 3 (рис. 2). Остальные использованные при моделировании исходные данные соответствовали работе по начальному созвездию из 2-х НКА.

При этом было получено, что для исходных данных для значений $\sigma_j=1^\circ$, $\psi_{ум}=0^\circ$ сбоев в разрешении неоднозначности не наблюдалось. При увеличении СКО погрешности измерения ФС σ_j перебор по начальному созвездию из 3 НКА обеспечивает повышение вероятности правильного разрешения неоднозначности и уменьшение ее зависимости от угловой ориентации вектора – базы по сравнению с известным способом [18], рассмотренным в предыдущем разделе статьи.

При этом не происходит снижение вероятности правильного

разрешения неоднозначности при значениях азимута 35° и 215° , что объясняется тем, что решение задачи определения начального набора решений осуществляется путем решения системы линейных уравнений, составленной по трем НКА. Данное условие позволяет уменьшить зависимость чувствительности системы уравнений от взаимной геометрии расположения НКА и базы интерферометра, т. е. обеспечить высокую вероятность разрешения фазовой неоднозначности во всем исследуемом диапазоне ориентаций вектора – базы.

Некоторое увеличение времени вычисления и проверки набора потенциальных решений при использовании начального созвездия, состоящего из трех НКА, на современном уровне быстродействия элементной базы не является существенным.

Результаты экспериментальных исследований разработанного алгоритма

Экспериментальные исследования проводились с целью проверки разработанных переборных алгоритмов определения угловой ориентации по значениям фазовых сдвигов НКА СРНС ГЛОНАСС и GPS, измеренных аппаратурой МРК-32, серийно выпускаемой ФГУП «НПП «Радиосвязь» совместно с Сибирским федеральным университетом.



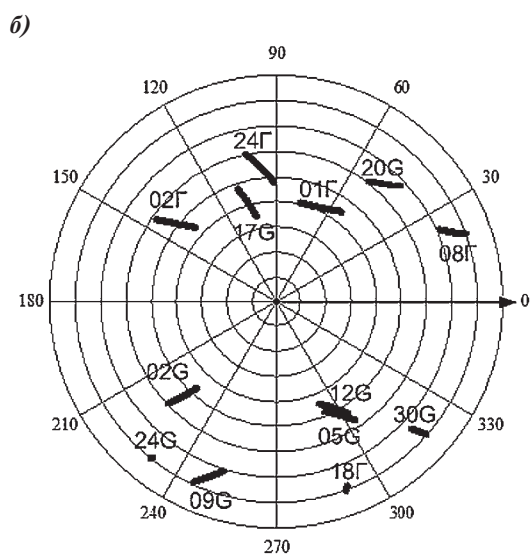
а) антенная система аппаратуры МРК-32; б) расположение НКА во время проведения эксперимента.

Антенна 1 является общей для обеих базовых линий, образованных антеннами 2 и 3, т. е. первая база образована антеннами 1 и 2, вторая – 1 и 3. Поскольку конек крыши учебного корпуса ориентирован в направлении Запад – Восток, то примерный азимут баз, исходя из приведенной установки, составляет для первой базы 180° , для второй базы – 120° . Расстояние между антеннами 1–2 и 1–3 составляло 0,7 м.

На рис. 4 б) приведено расположение НКА, наблюдаемых во время проведения эксперимента. Во время работы аппаратура принимала сигналы 13 НКА, из них 5 относились к системе ГЛОНАСС (на рисунке указаны их системные номера с индексами «Г» – 01, 02, 08, 18, 24), и 8 НКА – к СРНС GPS (индексы «G», цифрами обозначены номера их кодовых последовательностей Pseudo Random Number). Метки, соответствующие НКА, смазаны, что объясняется их перемещением за время проведения измерений.

На рис. 5 приведены значения азимутов, углов места и расстояний между антеннами интерферометра для баз 1–2 и 1–3.

Приведенные результаты получены путем использования предложенного алгоритма определения угловой ориентации по начальному созвездию, состоящему из 3-х НКА.



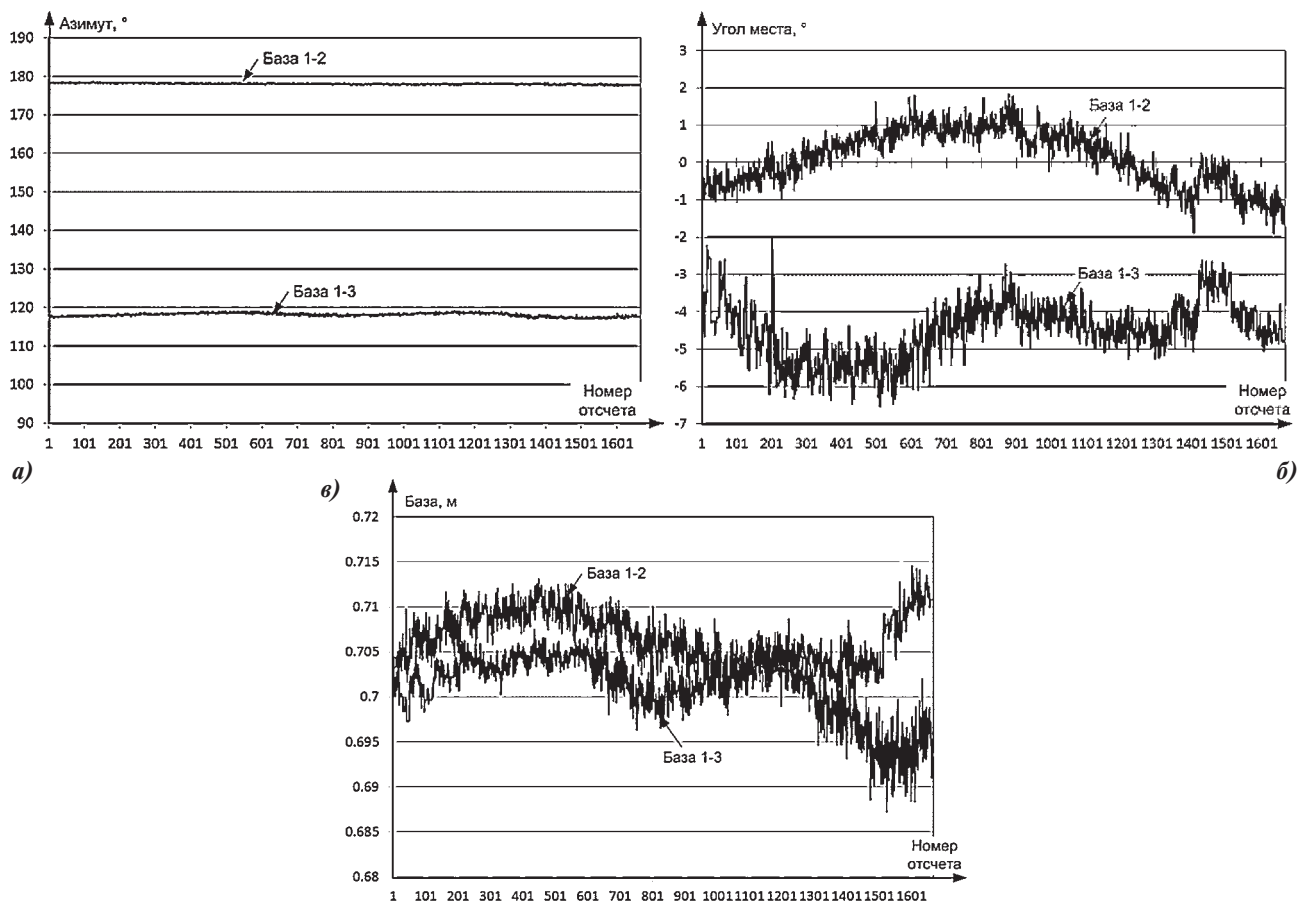
Погрешности определения параметров антенной системы

Таблица 2.

Параметр	База для антенн 1–2	База для антенн 1–3
СКО определения азимута, град./угл. мин.	0,18/11	0,46/28
СКО определения угла места, град./угл. мин.	0,75/45	0,77/46
СКО определения базы, см	0,53	0,29

На рис. 4 а) приведен внешний вид антенной системы аппаратуры, размещенной на крыше Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета.

В таблице 2 приведены значения СКО случайных составляющих погрешностей определения азимута, угла места и расстояния между антеннами интерферометра.



а) измеренные значения азимутов, полученных в ходе эксперимента; б) измеренные значения углов места; в) измеренные значения расстояний между антеннами.

Рис. 5

Как следует из рис. 5 и таблицы 2, представленные результаты экспериментальных исследований разработанного алгоритма определения угловой ориентации соответствуют реально наблюдаемой ориентации антенной системы и расстоянию между антеннами интерферометра.

Заключение

Разработанный алгоритм определения угловой ориентации для двухантенного интерферометра,

основанный на поиске потенциальных решений по начальному созвездию из 3 НКА СРНС, обеспечивает получение результата по одномоментным измерениям фазовых сдвигов, повышение вероятности правильного разрешения неоднозначности по сравнению с вариантом поиска решения по начальному созвездию из 2-х спутников и уменьшение зависимости вероятности правильного разрешения неоднозначности от ориентации интерферометра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сетевые спутниковые радионавигационные системы /В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич и др. //Подред. В. С. Шебшаевича.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Радио и связь.— 1993.— 408 с.: ил.
2. Патент РФ № 2152049. Устройство для определения координат исполнительного механизма надводного объекта /А. М. Алешечкин, В. И. Кокорин //Опубл.: 2000.— Бюл. № 18.
3. Алешечкин А. М. Использование спутниковых навигационных систем при разработке россыпей драгами /А. М. Алешечкин, В. И. Кокорин //М.: Маркшейдерский вестник.— 1996.— № 2.— С. 20–22.
4. Патент РФ № 2115140. Способ контроля положения подвижных объектов, например, подвижных железнодорожных составов и система для его осуществления /В. И. Болдырев, А. И. Васекин, В. И. Кокорин и др. //Опубл.: 1998.— Бюл. № 19.
5. Алешечкин А. М. Применение спутниковых навигационных систем для энергосбережения на железнодорожном транспорте /А. М. Алешечкин, Е. А. Васекин, В. И. Кокорин //Тез. докл. межд. конф. «Энергосберегающие технологии и окружающая среда».— Иркутск, 2004.
6. Несенюк Л. П. Интегрированная инерциальная /спутниковая система ориентации и навигации с разнесенными антеннами /Л. П. Несенюк, Л. П. Старосельцев и др. //Гироскопия и навигация.— 2000, № 4.— С. 41–49.
7. Лукин В. Н. Использование системы NAVSTAR для определения угловой ориентации объектов /В. Н. Лукин и др. //Зарубежная радиоэлектроника.— 1989, № 1.— С. 46–53.

8. Власов И. Б. Точностные характеристики спутниковой навигационной аппаратуры с угломерным каналом /И. Б. Власов, В. Б. Пудловский, С. Н. Тарахов //Вестник Московского государственного технического университета: Спец. выпуск «Системы управления».— М.: — 1997.— № 1. С. 114–126.
9. 3011 GPS Compass //Рекламный проспект фирмы Thales Navigation www.thalesnavigation.com.
10. FURUNO Satellite Compass. Model SC-60 //Рекламный проспект фирмы FURUNO. www.furuno.com.
11. FURUNO Satellite Compass. Model SC-120 //Рекламный проспект фирмы FURUNO. www.furuno.com.
12. Чмых М. К. Цифровая фазометрия /М. К. Чмых //М.: Радио и связь.— 1993.— 184 с.: ил.
13. Фатеев Ю. Л. Моделирование алгоритмов измерения угловых координат вектора-базы на основе глобальных навигационных спутниковых систем /Ю. Л. Фатеев //В сб. «Цифровые радиотехнические системы и приборы».— Красноярск: КГТУ.— 1996.— С. 264–267.
14. Фатеев Ю. Л. Алгоритмы измерения угловых координат объектов на основе глобальных навигационных спутниковых систем /Ю. Л. Фатеев, М. К. Чмых //В сб. «Цифровые радиотехнические системы и приборы».— Красноярск: КГТУ.— 1996.— С. 259–264.
15. Чмых М. К. Алгоритмы измерения угловых координат объектов с неизвестной базой на основе глобальных навигационных спутниковых систем /В. А. Карнаухов, Ю. Л. Фатеев, В. Ф. Черемисин, М. К. Чмых //Проблемы техники и технологий XXI века: Тез. докл. науч.-техн. конф.— Красноярск.—1994.— С. 77–78.
16. Фатеев Ю. Л. Определение угловой ориентации на основе глобальных навигационных спутниковых систем /Ю. Л. Фатеев //Радиотехника.— 2002, № 7.— С. 51–57.
17. Пат. 2122217 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 S 5/02. Способ угловой ориентации по радионавигационным сигналам космических аппаратов (варианты) /А. М. Алешечкин, Ю. Л. Фатеев, М. К. Чмых; заявитель и патентообладатель Красноярский гос. техн. ун-т.— № 97107921/09; заявл. 15.05.1997; опубл. 20.11.1998, Бюл. № 32.— 18 с.
18. US Patent № 4963889. Method and Apparatus for Precision Attitude Determination and Kinematic Positioning /Ronald R. Hatch. //Oct. 16, 1990.
19. US Patent № 5296861. Method and Apparatus for Maximum Likelihood Estimation Direct Integer Search in Differential Carrier Phase Attitude Determination Systems /Donald T. Knight //Mar. 22, 1994.
20. Фатеев Ю. Л. Определение пространственной ориентации объектов по сигналам радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Электронный журнал «Исследовано в России», 071, 781–791, 2004. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/071.pdf>.
21. Алешечкин А. М. Аналитический метод расчета погрешностей определения угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем /А. М. Алешечкин //Цифровая обработка сигналов.— 2009.— № 2.— С. 17–21.
22. Пат. 2379700 Российская Федерация, МПК G 01 S 5/02 (2010.01) Способ угловой ориентации объекта по сигналам спутниковых радионавигационных систем /А. М. Алешечкин, В. И. Кокорин, Ю. Л. Фатеев; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Технопарк «Радиоэлектроника».— № 2008131246/09; заявл. 28.07.2008; опубл. 20.01.2010, Бюл. № 2.— 17 с.
23. Алешечкин А. М. Алгоритмы разрешения неоднозначности при интерферометрических измерениях по сигналам СРНС /К. Ю. Костырев, А. М. Алешечкин //Решетневские чтения: материалы XIV Междунар. науч. конф., посвящ. памяти генерал-конструктора ракет.-космич. систем академика М. Ф. Решетнева (10–12 нояб. 2010, г. Красноярск): в 2 ч. /под общ. ред. Ю. Ю. Логинова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т.— Красноярск, 2010.— Ч.1.— С. 153–154.



УДК 621.78:525.35

О НОВОЙ ВЕРСИИ АЭРОНАВИГАЦИОННОГО ПАСПОРТА АЭРОДРОМА

С. Л. Белгородский¹, Г. Н. Кувыркова², Л. Н. Щукина³

В статье рассматривается новая версия Аэронавигационного паспорта аэродрома — государственного информационно-справочного документа, содержащего аэронавигационную информацию (АНИ), необходимую для создания соответствующих сборников, производства машинных носителей аэронавигационных данных для навигационно-пилотажных комплексов, приборов и других средств представления АНИ экипажам, диспетчерскому составу служб организации воздушного движения и персоналу, связанному с планированием, подготовкой, выполнением полетов и обслуживанием воздушного движения.

Ключевые слова: Аэродром, аэронавигационный, ИКАО, информация, ОрВД, паспорт, AIP, NOTAM

ON THE NEW REVISION OF THE AIRFIELD AERONAVIGATION PASSPORT

S. L. Belogorodsky, G. N. Kuvyrkova, L. N. Shchukina

The paper describes a novel revision of the Airfield Aeronavigation Passport — a state information reference document that contains aeronavigation data (AND) needed for producing relevant collections and databases for pilot systems/devices and other means of presenting aeronavigation data to the crew, Air Traffic Management controller service and flight planning/preparation/service personnel.

Непрерывный рост объема воздушных перевозок диктует необходимость перманентного повышения требований к безопасности, регулярности и эффективности полетов. Соответственно возрастают и требования к безопасности и точности аэронавигации и организации воздушного движения (ОрВД). Успехи науки и техники последних десятилетий в области освоения космоса, вычислительной техники, создания Интернета позволили создать новое поколение авионики и наземных средств ОрВД, удовлетворяющих этим возрастающим требованиям. А использование спутниковых технологий повысило в разы точность определения местонахождения самолета в воздушном пространстве и на аэродроме.

Для этого потребовалось, чтобы соответственно возросла точность определения координат наземных аэронавигационных ориентиров. И это стало возможным благодаря проведению геодезических съемок в общеземных геодезических системах координат, относительно которых ведутся эти определения.

Увеличилось более чем на треть число аэронавигационных ориентиров, аэронавигационные данные которых должны содержаться в базе бортовой

вычислительной системы самолетовождения (ВСС) и бортовых сборниках аэронавигационной информации для экипажа. Естественно, эти аэронавигационные данные должны систематически обновляться по так называемому циклу AIRAC (Aeronautical information regulation and control — регламентация и контролирование аэронавигационной информации) — один раз в 28 дней. Официальным источником аэронавигационной информации (аэронавигационных данных) для обеспечения безопасности, регулярности и эффективности международной аэронавигации является так называемый объединенный пакет аэронавигационной информации, публикуемый в соответствии с требованиями Приложения 15 к Конвенции о международной гражданской авиации «Службы аэронавигационной информации» (далее — Приложение 15 ИКАО). Важнейшие документы этого пакета — во-первых, сборник аэронавигационной информации AIP (Aeronautical Information Publication). Он предназначен для обмена постоянной аэронавигационной информацией и информацией о временных изменениях долгосрочного характера, которые необходимы для обеспечения аэронавигации. И, во-вторых,

¹ Белгородский Семен Львович - заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, доктор технических наук, действительный член Международной академии информатизации, Международной академии человека в аэрокосмических системах и Академии транспорта России, вице-президент Российского общественного института навигации по воздушному транспорту, начальник отдела ГосНИИ «Аэронавигация», г. Москва, Волоколамское шоссе, 26, 8-499-190-34-08; slbelogorodski@atminst.ru

² Кувыркова Галина Николаевна — старший научный сотрудник отдела ГосНИИ «Аэронавигация»,

³ Щукина Людмила Николаевна — заместитель начальника отдела ГосНИИ «Аэронавигация»

NOTAM (Notice to airmen – извещение для пилотов), который составляется и издается незамедлительно в тех случаях, когда подлежащая распространению информация носит временный и непродолжительный характер, а также в случае введения в срочном порядке важных с эксплуатационной точки зрения постоянных или временных изменений долговременного характера.

Применительно к рассматриваемой теме необходимо затронуть вопросы, относящиеся к сборникам AIP, являющимся официальными информационно-справочными документами аэронавигационной информации (АНИ), которые публикуются от имени и по поручению государства в соответствии с требованиями Приложения 15 ИКАО. Сборники AIP представляют интерес для широкого круга пользователей. Следует иметь в виду, что в Российской Федерации такая аэронавигационная информация публикуется только по международным аэродромам. Аэронавигационные данные, публикуемые в сборниках AIP, должны соответствовать требованиям к характеристикам качества этих данных, указанным в Приложениях 11, 14 и 15 ИКАО.

Таковыми характеристиками являются **точность, разрешение и целостность**. ИКАО дает им следующие определения:

- **точность** – степень соответствия расчетного или измеренного значения истинному значению (точность измерения местоположения, как правило, выражается расстоянием от заявленного положения, в пределах которого, как установлено с определенной степенью вероятности, находится истинное местоположение);
- **разрешение** – число единиц или цифр, определяющее порядок используемого измеренного или рассчитанного значения;
- **целостность аэронавигационных данных** – определенная гарантия того, что аэронавигационные данные и их значения не потеряны и не изменены с момента подготовки данных или санкционированного внесения поправки.

Впервые аэронавигационный паспорт аэродрома (АНПА) был введен в практику аэронавигации и ОрВД приказом министра обороны РФ и директора Федеральной службы воздушного транспорта Российской Федерации в 1999 году. Федеральными правилами использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденными постановлением Правительства РФ от 22.09.99 г. № 1084, было установлено: «Правила полетов в районе аэродрома (аэроузла) определяются Инструкцией по производству полетов в районе аэродрома (аэроузла) или аэронавигационным паспортом аэродрома».

Такая директивная установка неточна, поскольку эти документы имеют разное назначение.

Инструкция по производству полетов (ИПП) является основным нормативно-методическим документом одной из функциональных структур – службы ОрВД данного аэродрома, определяющим все

основные условия и правила организации выполнения полетов и имеющим «технологическую» направленность. Пользователями ИПП главным образом являются специалисты (в основном по ОрВД) данного аэродрома и региональных органов, иногда – отдельные специалисты других близлежащих аэродромов. Подобного рода инструкции имеются и в других службах: эксплуатации радиотехнического оборудования и связи (ЭРТОС), метео. Тираж таких документов ограничен и обычно не превышает десяти экземпляров. Следует указать, что, по мнению ряда специалистов, этот документ должен иметь название «Инструкция по организации полетов» и соответственно уточненное содержание.

Аэронавигационный паспорт аэродрома – это государственный информационно-справочный документ, содержащий аэронавигационную информацию, необходимую для создания всевозможных сборников АНИ, производства машинных носителей аэронавигационных данных (АНД) для навигационно-пилотажных комплексов, приборов и других средств представления АНИ экипажам, диспетчерскому составу служб ОрВД и персоналу, связанному с планированием, подготовкой, выполнением полетов и обслуживанием воздушного движения.

Главное назначение Паспорта заключается в том, чтобы собрать и представить аэронавигационную информацию, опубликованную в Приложении 15 ИКАО, включая АНД требуемого качества, в Центр аэронавигационной информации для выпуска сборников AIP для международных аэродромов и аэродромов федерального значения.

Состав АНИ, содержащийся в АНПА, должен соответствовать требованиям Приложений 11, 14 и 15 ИКАО, а также Приложения 4 ИКАО (в части карт, относящихся к аэродрому и району аэродрома). С учетом вышеизложенного в 2008–2009 годах 15 отделом ГосНИИ «Аэронавигация» был отработан макет второй версии АНПА (АНПА-2), в котором учтены:

- а) новые SARPs ИКАО и значительное изменение состава и объема АНИ, связанного с внедрением зональной навигации (RNAV/PBN), бортовых автоматизированных систем, глобальных спутниковых навигационных систем GNSS, введение электронных карт и баз данных о местности и препятствиях и др.;
- б) повышение требований к качеству аэронавигационной информации, ужесточение требований к точности, разрешающей способности (разрешение) аэронавигационных данных, введение требований к их целостности;
- в) начало перехода к безбумажным технологиям в процессах сбора, обработки, хранения и распространения АНИ;
- г) создание официальных государственных, межгосударственных и глобальных баз данных путем реализации программ типа программы Евроконтроля CHAIN;

- д) появление стратегической программы ИКАО «От службы АНИ к управлению АНИ» («От САИ к УАИ»);
- е) необходимость квалифицированной оценки публикуемой аэронавигационной информации соответствующими уполномоченными органами перед передачей её в службу аэронавигационной информации (САИ).

Аэронавигационная информация в АНПА содержится в виде объектов, перечень которых представлен в таблице 1.

По каждому объекту определен перечень аэронавигационных данных, подлежащих публикации.

Пример перечня аэронавигационных данных по объекту «Данные по рулежным дорожкам (РД)» представлен таблицей 2.

Объем аэронавигационных данных в АНПА превышает объем требований по представлению аэронавигационной информации Приложения 15 ИКАО в части, касающейся минимальных безопасных высот пролета препятствий, минимумов аэродромов для взлета и посадки ВС, маршрутов и последовательности точек пути маршрутов, ограничительных рубежей и пеленгов.

Пример перечня аэронавигационных данных по объекту «Минимальные безопасные высоты пролета препятствий (в секторе)» представлен таблицей 3.

Таблица 1.

Перечень объектов АНПА

Лист согласования
Регистрация поправок аэронавигационного паспорта аэродрома
Лист поправки /контрольный лист
1. Географические и административные данные по аэродрому
2. Время работы служб аэродрома
3. Службы и средства по обслуживанию, предоставляемые на аэродроме
4. Средства для обслуживания пассажиров
5. Аварийно-спасательная и противопожарная службы
6. Сезонное использование оборудования: удаление осадков
7. Данные по перронам
8. Данные по рулежным дорожкам (РД)
9. Данные по местам стоянок (МС) воздушных судов (ВС)
10. Данные по местам проверок инерциальных навигационных систем (ИНС)
11. Данные по местам проверок высотомеров
12. Данные по местам проверок высокочастотных всенаправленных радиомаяков ВОР
13. Данные по противообледенительной зоне
14. Системы управления наземным движением, контроля за ним и соответствующие маркировочные знаки
15. Данные по препятствиям в районе аэродрома радиусом 45 км с центром в контрольной точке аэродрома КТА
16. Безопасная высота полета в районе аэродрома (по секторам)
17. Минимумы аэродрома
18. Предоставляемая метеорологическая информация, метеорологическое оборудование
19. Физические характеристики взлетно-посадочной полосы (ВПП)
20. Объявленные дистанции
21. Огни приближения и огни ВПП
22. Прочие огни и резервный источник электропитания
23. Воздушное пространство обслуживания воздушного движения (ОВД)
24. Зоны ожидания
25. Точки донесения в районе аэродрома
26. Координаты точек пути схем подхода и захода на посадку по спутниковым навигационным системам (СНС) ВПП 05/23
27. Маршруты и последовательность точек пути маршрутов
28. Ограничительные рубежи и пеленги
29. Запретные зоны, зоны ограничения полетов, постоянные опасные зоны, специальные зоны
30. Средства связи ОВД, установленные на аэродроме
31. Радионавигационные средства и средства посадки
32. Орнитологическая и дополнительная информация по обеспечению безопасности полетов на аэродроме
33. Перечень аэродромных карт (схем)

34. Перечень доказательной документации
ПРИЛОЖЕНИЯ
Данные для захода на посадку по СНС на ВПП 05
Схема захода на посадку по СНС на ВПП 05
Данные для захода на посадку по СНС на ВПП 23
Схема захода на посадку по СНС на ВПП 23
Карта района аэродрома
Карта аэродрома
Карта захода на посадку по приборам ВПП 05
Карта захода на посадку по приборам ВПП 23
Карта визуального захода на посадку ВПП 05
Карта визуального захода на посадку ВПП 23
Карта выхода из района аэродрома
Карта захода на посадку и выхода из района аэродрома по правилам визуальных полетов (ПВП)
Схема продольного профиля оси ВПП
Карта аэродромного (вертодромного) наземного движения (огни и знаки руления)
Карта расположения светосигнальных средств ВПП
Карта расположения светосигнальных средств (приближение)
Схема расположения радиотехнического оборудования аэродрома
Справочная информация

Таблица 2.

Данные по рулежным дорожкам (РД)

Обозначение РД
Тип РД
Протяженность РД (м)
Ширина РД (м)
Ширина левой боковой полосы безопасности РД (м)
Ширина правой боковой полосы безопасности РД (м)
Прочность покрытия РД (PCN)
Тип покрытия РД
Истинный пеленг (азимут) РД (в градусах и сотых долях градуса)
Магнитный пеленг (азимут) РД (в градусах)
Точки осевой линии РД (в градусах, минутах, секундах и сотых долях секунды)
Точка места ожидания у ВПП:
Точка места ожидания у ВПП-05/23 (широта, долгота в градусах, минутах, секундах и сотых долях секунд)
Точки маркировочной линии пересечения РД (широта, долгота в градусах, минутах, секундах и сотых долях секунды)
Точки выводной линии наведения РД (широта, долгота в градусах, минутах, секундах и сотых долях секунды)

Таблица 3.

Минимальные безопасные высоты пролета препятствий (в секторе)

КТА (широта, долгота в градусах, минутах, секундах)
Первая граница первого сектора (в градусах)
Вторая (по часовой стрелке) граница первого сектора (в градусах)
Безопасная высота полета в секторе (м) (абсолютное значение)
Безопасная высота полета в секторе (м) (относительное значение)
Номер препятствия, по которому определяется безопасная высота полета в секторе
Наименование препятствия, по которому определяется безопасная высота полета в секторе (м)
Координаты препятствия, по которому определяется безопасная высота полета в секторе (широта, долгота в градусах, минутах, секундах и десятых долях секунды)
Превышение (абсолютная высота) препятствия, по которому определяется безопасная высота полета в секторе (м)
Относительная высота препятствия, по которому определяется безопасная высота полета в секторе (м)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ ФОРМИРОВАНИЯ АЭРОНАВИГАЦИОННОГО ПАСПОРТА АЭРОДРОМА

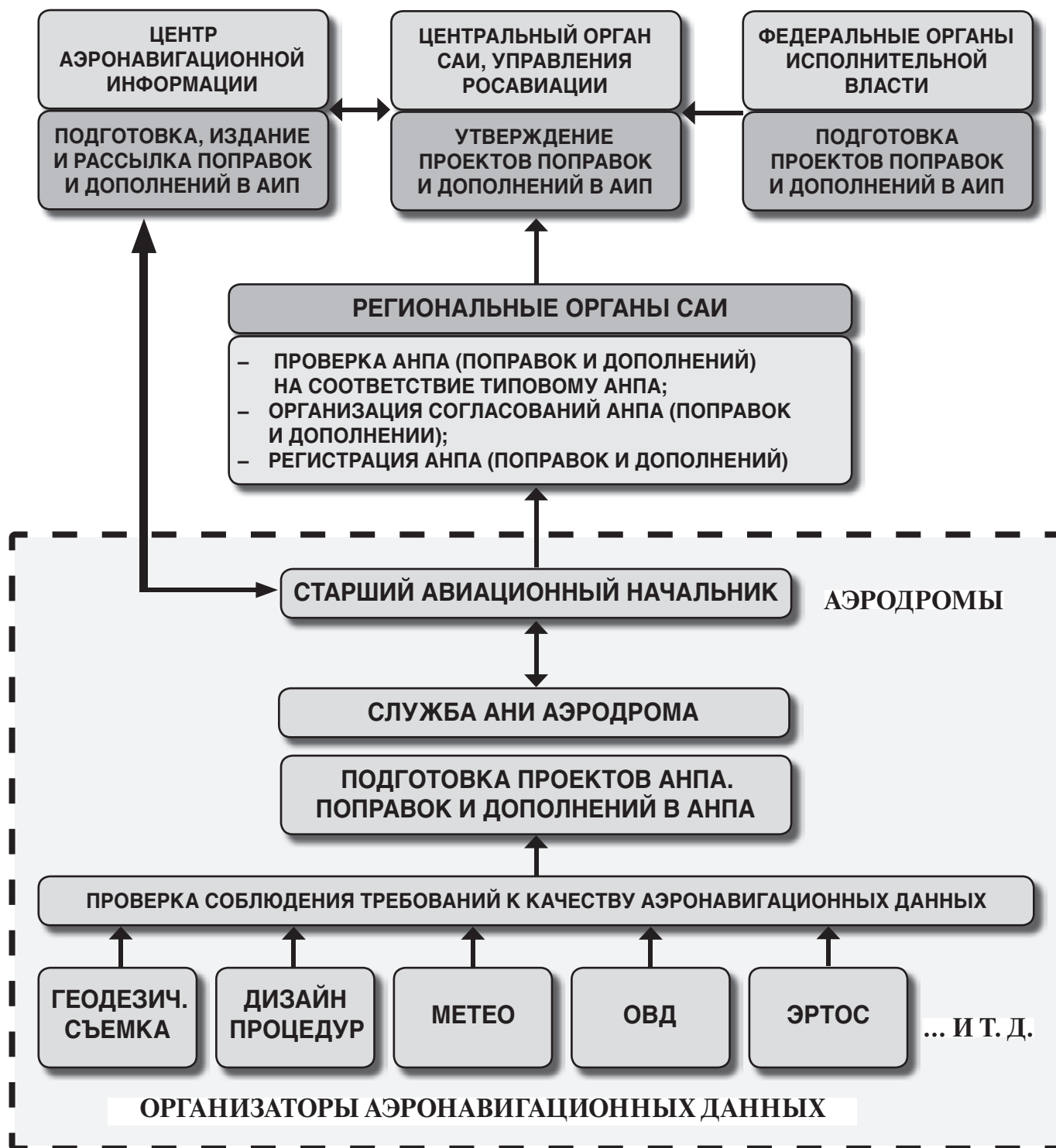


Рис. 1. К формированию аэронавигационного паспорта аэродрома

Макет АНПА был разослан ряду органов аэронавигационной информации аэродромов и авиакомпаний, федеральных и региональных органов, предприятий авиапромышленности для получения замечаний, которые впоследствии были учтены.

Далее, основываясь на опыте создания ряда нормативно-методических документов, предполагалось провести перед повсеместным внедрением АНПА-2 его оценку на 3–4 аэродромах и в 1–2 региональных управлениях.

К сожалению, это предложение на федеральном уровне не было поддержано. В 2010 и 2011 годах в связи с подготовкой и внедрением новой версии «Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» на федеральном уровне на основе макета АНПА-2 были разработаны типовые структурные схемы новой версии АНПА и Инструкции по производству полетов в районе аэродрома.

На ряде совещаний и семинаров специалистами по аэронавигационной информации аэродромов, авиакомпаний, предприятий и организаций ОрВД и другими создателями и пользователями АНИ было высказано много замечаний к этим типовым схемам, а также предложений по их улучшению. Однако в опубликованных (в том числе и в Интернете) окончательных вариантах типовых схем АНПА и ИПП учтено далеко не все, что было предложено.

Рассмотрим эти вопросы на примере решения задачи внедрения на аэродроме спутниковых заходов на посадку и процедур зональной навигации в районе аэродрома с использованием наземной локальной контрольно-корректирующей станции ЛККС-А-2000 [1] (см. рис.1). Все, что связано с разработкой схем и процедур маневрирования в районе аэродрома и захода на посадку должно быть выполнено службой ОрВД или под ее руководством другой специализированной организацией, официально допущенной к проведению таких работ.

Разработка схем и процедур должна выполняться в строгом соответствии с требованиями и рекомендациями, изложенными в Приложении 11 и PANS OPS ИКАО. При этом должны быть определены и отражены на схемах все высоты, подлежащие опубликованию в сборниках AIP и бортовых сборниках АНИ для экипажей. Необходимые для выполнения этих задач материалы геодезической съемки в геоцентрической системе координат ПЗ-90.02 (WGS-84) должны предоставляться уполномоченной службой аэродрома.

Разработанные схемы и процедуры маневрирования в районе аэродрома и заходы на посадку с использованием ЛККС-А-2000, а также условия и правила выполнения полетов, включая радиообмен между экипажем и диспетчером, и другие необходимые диспетчеру материалы, после их согласования и утверждения в установленном федеральными правилами порядке подлежат включению в ИПП в качестве дополнений.

На основе этих дополнений службой ОрВД аэродрома подготавливаются предложения по внесению дополнений в АНПА и AIP, которые представляются через САИ аэродрома старшему авиационному начальнику аэродрома. Ему при необходимости также передаются предложения других служб аэродрома по дополнениям AIP.

В соответствии с Приложением 15 ИКАО «перед» представлением службе аэронавигационной

информации подлежащий выпуску материал, включаемый как часть объединенного пакета аэронавигационной информации, тщательно проверяется и согласовывается ответственными службами для обеспечения того, чтобы до рассылки он содержал всю необходимую информацию и являлся правильным во всех деталях. Устанавливаются процедуры утверждения и проверки с целью обеспечения соблюдения требований к качеству (точность, разрешение, целостность) и прослеживаемости аэронавигационных данных».

С учетом вышеуказанного требования Приложения 15 ИКАО на основе поступивших предложений служба аэронавигационной информации (или другой уполномоченный орган) подготавливает проект дополнения к аэронавигационному паспорту аэродрома, который старшим авиационным начальником аэродрома направляется в Центр аэронавигационной информации (ЦАИ) в качестве дополнения к AIP. При согласии с проектом ЦАИ уведомляет об этом аэродром и публикует дополнение к AIP в соответствии с циклом AIRAS. Аэродром вносит это согласованное дополнение в АНПА и рассылает его заинтересованным пользователям.

Итак, кто отвечает за подготовку и актуализацию ИПП и АНПА?

Представляется, что в оптимальном варианте за ИПП отвечает служба ОрВД, а за АНПА — служба аэронавигационной информации данного аэродрома. В любом случае персональную ответственность за подготовку и актуализацию этих документов несет старший авиационный начальник.

Разумеется, изложенные предложения по порядку разработки и актуализации, а также по ответственности за содержание этих документов не имеют догматического характера. Возможны и другие варианты, учитывающие местные условия и особенности.

И еще: дублирование материалов в АНПА и ИПП имеет ограниченный характер и позволяет всю необходимую аэронавигационную информацию должного качества по аэродрому и его району, на основе которой разрабатываются поправки к AIP, получать из одного документа — из Аэронавигационного паспорта аэродрома, который в предлагаемом виде для ряда пользователей является уже достаточным источником АНИ. После перехода систем сбора, передачи, обработки, хранения и распространения аэронавигационной информации на цифровые технологии вопросы дублирования отпадут.

Хотелось бы подчеркнуть, что эта статья отражает неофициальную точку зрения авторов, которые с благодарностью примут замечания и предложения читателей журнала по любому из затронутых вопросов. Наш электронный адрес: slbelogorodski@atminst.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завалишин О. И. Локальные функциональные дополнения ГНСС НППФ «СПЕКТР», *Новости навигации, НТЦ «Интернавигация», 2009, № 4.*

От редакции

Одному из авторов этой статьи — заслуженному деятелю науки Российской Федерации, профессору, доктору технических наук, действительному члену Международной академии информатизации, Международной академии человека в аэрокосмических системах и Академии транспорта России, вице-президенту Российского общественного института навигации по воздушному транспорту Семену Львовичу



Белгородскому в июле месяце исполнилось 85 лет.

После окончания в 1949 году Московского авиационного технологического института будущий известный ученый начал работать в аэропорту Внуково, где стал первым в гражданской авиации СССР дипломированным инженером по спецоборудованию самолетов, непосредственно занятым его техническим обслуживанием.

Затем 25 лет работал ведущим инженером, начальником отдела и отделения в ГосНИИ ГА, где внес весомый вклад в разработку и внедрение автоматизированных систем управления заходом на посадку, внедрение посадочных минимумов I и II-й категорий ИКАО, исследование процессов автоматического приземления на самолетах Ил-62 и Ту-154 в условиях минимумов категории IIIа ИКАО, решение других актуальных научно-практических проблем. Участвуя в летных испытаниях и исследованиях в качестве ведущего инженера и инженера, Семен Львович налетал более 1800 часов на самолетах семнадцати типов и их модификаций.

В 1984 году в составе руководимого им отделения он был переведен в ГосНИИ «Аэронавигация», где возглавил научно-исследовательские работы в области сбора, обработки и распространения аэронавигационной информации. С 1998 года по настоящее время под его руководством проводятся работы по организации проведения и оценке результатов геодезических съемок в системах ПЗ-90 и WGS-84 аэронавигационных ориентиров и препятствий на гражданских аэродромах и воздушных трассах России.

В последние годы С. Л. Белгородский занимается реализацией в России спутниковых заходов

на посадку и стратегической программы ИКАО «От службы аэронавигации к управлению аэронавигационной информацией («От САИ к УАИ»).

Одновременно он ведет активную общественную работу, будучи основателем и научным руководителем семинара «Летная эксплуатация воздушных судов», который регулярно функционирует с 1972 года. Одновременно участвует в деятельности Исполкома Российского общества

навигации и руководит заседаниями секции воздушного транспорта института.

Семена Львовича отличают приятное общение, деликатность, полезные советы, конструктивная критика и дельные рекомендации. Он автор более 200 научных публикаций в России и за рубежом, в том числе широко известной монографии «Автоматизация управления посадкой самолета». Семеном Львовичем получено 6 авторских свидетельств на изобретения.

С 60-х годов прошлого века Семен Львович постоянно сотрудничает с рядом изданий отрасли, а с момента основания — с нашим журналом, являясь членом его редколлегии и автором многих материалов. Работы Семена Львовича по актуальным проблемам аэронавигации во многом способствовали внедрению в гражданскую авиацию новейших научно-технических достижений.

Многолетняя деятельность С. Л. Белгородского отмечена государственными наградами, медалью Межгосударственного авиационного комитета «За заслуги в области гражданской авиации», знаками «Отличник Аэрофлота» и «Почетный работник транспорта России».

Межгосударственный совет «Аэронавигация», ОАО «НТЦ «Интернавигация», Исполком Российского общественного института навигации и редакция журнала «Новости навигации» от всей души поздравляют Семена Львовича с юбилеем и желают ему доброго здоровья и дальнейших успехов в научной и педагогической деятельности.



УДК 629.7.05

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В ИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЕ БИНС-500

А. В. Черnodаров¹, А. П. Патрикеев², Ю. Н. Коркишко³, В. А. Федоров⁴

Рассматриваются возможные причины информационных нарушений в интегрированных навигационных системах (НС). Предлагаются некоторые подходы к парированию таких нарушений и повышению на этой основе информационной надежности НС. Показываются особенности программно-аппаратной реализации предлагаемых подходов в бесплатформенной инерциально-спутниковой НС БИНС-500 на волоконно-оптических гироскопах

Ключевые слова: *интегрированные навигационные системы, бесплатформенные инерциальные навигационные системы, информационная надежность, обнаружение и парирование нарушений*

SOFTWARE AND HARDWARE FOR INCREASING THE INFORMATIONAL RELIABILITY OF NAVIGATIONAL DETERMINATIONS AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE SINS-500 INERTIAL SATELLITE SYSTEM

A. V. Chernodarov, A. P. Patrikeev, Ju. N. Korkishko, V. A. Fedorov

Probable causes of informational disturbances in integrated navigation systems (NS) are considered. Certain approaches to the counteraction of such disturbances and to the improvement, on this basis, of NS informational reliability are proposed. For the proposed approaches, specific features of their software and hardware implementation in the SINS-500 inertial satellite NS based on fiber-optic gyros are shown

1. Введение

Современное состояние бортового оборудования подвижных объектов характеризуется внедрением навигационных комплексов (НК) нового поколения [1]. Ядром таких НК являются бесплатформенные инерциально-спутниковые навигационные системы (БИНС) на базе квантово-оптических измерителей: лазерных или волоконно-оптических гироскопов. В настоящее время актуальной остается задача повышения безотказности БИНС. Это связано с более сложными по сравнению с платформенными системами условиями эксплуатации бесплатформенных инерциальных измерителей, которые жестко закрепляются в корпусе объекта. Аппаратные технологии решения данной задачи связаны с совершенствованием навигационных измерителей и обслуживающей электроники. Программно-математические средства обеспечения безотказности ориентированы на повышение информационной надежности [2] БИНС. Информационная надежность, в свою очередь, тесно связана с целостностью навигационных определений [3,4], которая отражает способность НК непрерывно поддерживать требуемые тактико-технические характеристики в изменяющихся условиях эксплуатации. Традиционные подходы [3,4] к обеспечению целостности НК опираются

на обнаружение отказавших модулей НК, исключение их из структуры и восстановление работоспособности НК путем реконфигурации. Такие подходы требуют существенной аппаратной избыточности, реализация которой в ряде случаев не представляется возможной. Снижение же избыточности в этом случае может нарушить как непрерывность навигационного обеспечения, так и безопасность применения летательных аппаратов (ЛА). В то же время в интегрированных навигационных системах (НС) целостность обеспечивается путем взаимной поддержки измерительных средств различной физической природы. Такое взаимодействие НС позволяет сохранять или снижать постепенно качественные характеристики НК при возникновении критических ситуаций и изменении помеховой обстановки. В настоящее время математической основой интеграции НС является аппарат оптимальной калмановской фильтрации (ОФК) и теории решений. Однако в условиях статистической и параметрической неопределенности реализация интеграционных свойств ОФК на базе такого аппарата связана с рядом трудностей, обусловленных возможной потерей целостности самой системы обработки сигналов.

Цель работы – на примере бесплатформенной инерциально-спутниковой навигационной системы

¹ Черnodаров Александр Владимирович – кандидат технич. наук, доцент, профессор ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (Москва). Действительный член Академии навигации и управления движением.

² Патрикеев Андрей Павлович – кандидат технич. наук, начальник отдела НПО «Мобильные информационные системы» (Москва).

³ Коркишко Юрий Николаевич – доктор физ.-мат. наук, профессор, генеральный директор ООО «НПК «Оптолинк» (Москва, Зеленоград).

⁴ Федоров Вячеслав Александрович – доктор физ.-мат. наук, профессор, технический директор ООО «НПК «Оптолинк» (Москва, Зеленоград).

БИНС-500 рассмотреть некоторые причины информационных нарушений в интегрированных НС и показать возможные подходы к парированию таких нарушений.

2. Информационная надежность и адаптивно-робастная защита целостности интегрированных навигационных систем

где $\alpha = 1/\tau_\omega$; τ_ω – время корреляции; $R(0) = \sigma^2$ – дисперсия дрейфа в «запуске»; ξ – белый шум единичной интенсивности. В модели (1) параметры α и σ определяют динамику изменения и компенсации дрейфов ЧЭ. Поэтому от точности идентификации указанных параметров зависит достоверность оценки дрейфов ЧЭ с помощью ОФК.

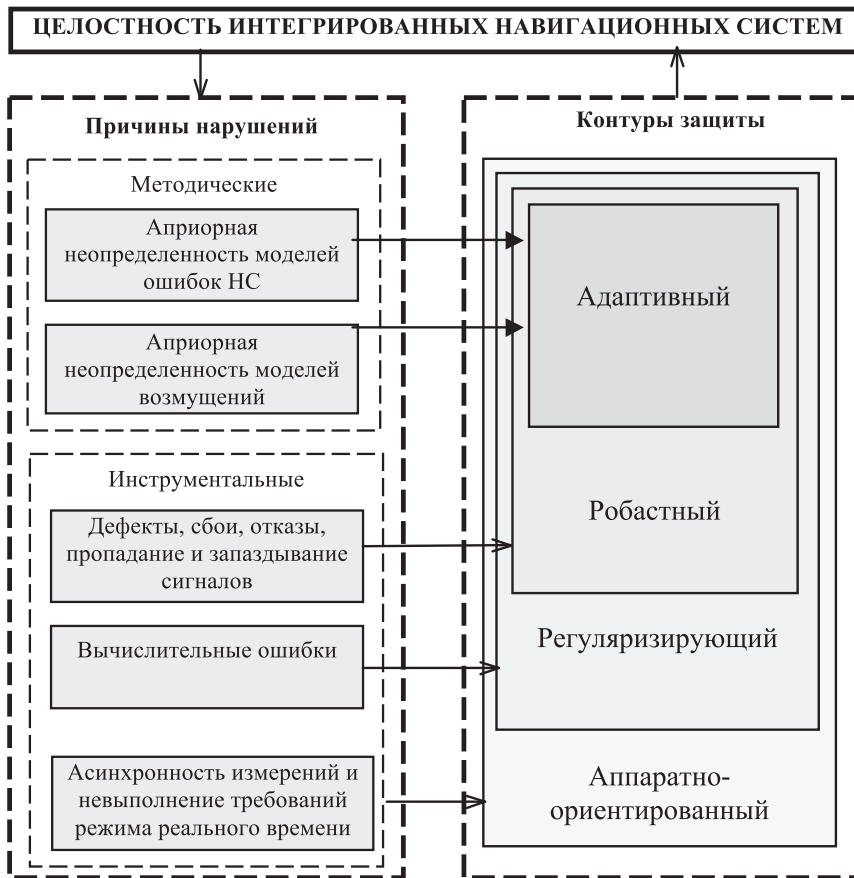


Рис. 1. Программно-аппаратные средства обеспечения целостности и повышения информационной надежности интегрированных навигационных систем

В то же время нарушение адекватности математических моделей ошибок НС и реальных измерительных процессов, а также наличие аномальных наблюдений приводит к расходимости [6] и потере целостности ОФК. Это проявляется в значительном отличии действительных ошибок оценивания $\Delta_j = x - \hat{x}$ от их прогнозируемых среднеквадратических значений $\sigma_j = \sqrt{P_{jj}}$, получаемых в результате решения уравнения Риккати относительно ковариационной матрицы P. Здесь $j = \overline{1, n}$; n – размерность вектора состояния БИСНС x; x_j и \hat{x}_j – j-й элемент вектора состояния и его оценка соответственно. История развития прикладной теории оптимальной калмановской фильтрации непосредственно связана с разработкой методов защиты ОФК от расходимости.

В обобщенном виде причины потери целостности интегрированных НС на базе ОФК и возможные подходы к ее защите показаны на рис.1. Методические причины потери целостности связаны со следующими априорными неопределенностями:

Информационная надежность и целостность интегрированных навигационных систем связана с проблемой достоверной оценки состояния измерителей параметров движения ЛА.. Например, обеспечение требуемой точности бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) опирается на соответствие априорно предполагаемых и реальных характеристик чувствительных элементов (ЧЭ): гироскопов и акселерометров. Такими характеристиками являются, в частности, дрейфы ЧЭ и параметры их математических моделей. При бортовой реализации моделей погрешностей БИСНС считается возможным приближенное описание [5] случайных дрейфов гироскопов $\Delta\omega$ (1/с) и смещений акселерометров $\Delta\alpha$ (м/с²) в виде марковских гауссовских процессов первого порядка типа

$$\Delta\dot{\omega} = -\alpha \Delta\omega + \xi\sigma\sqrt{2\alpha} \tag{1}$$

$$R(t) = \sigma^2 e^{-\alpha|t|}, \tag{2}$$

- структурная неопределенность возникает в тех случаях, когда не все параметры, характеризующие функционирование НС, включаются в вектор состояния;
- параметрическая неопределенность возникает в тех случаях, когда параметры модели ошибок НС не соответствуют реальным измерительным процессам;
- статистическая неопределенность возникает в тех случаях, когда законы распределений возмущений и шумов, принятые в модели ошибок НС, не соответствуют реальным.

Применительно к интегрированным НС на основе оценивающих фильтров калмановского типа компенсации указанных неопределенностей возможна с применением следующих подходов:

- робастные подходы обеспечивают нечувствительность алгоритмов оценивания состояния НС к отклонениям от априорных предположений

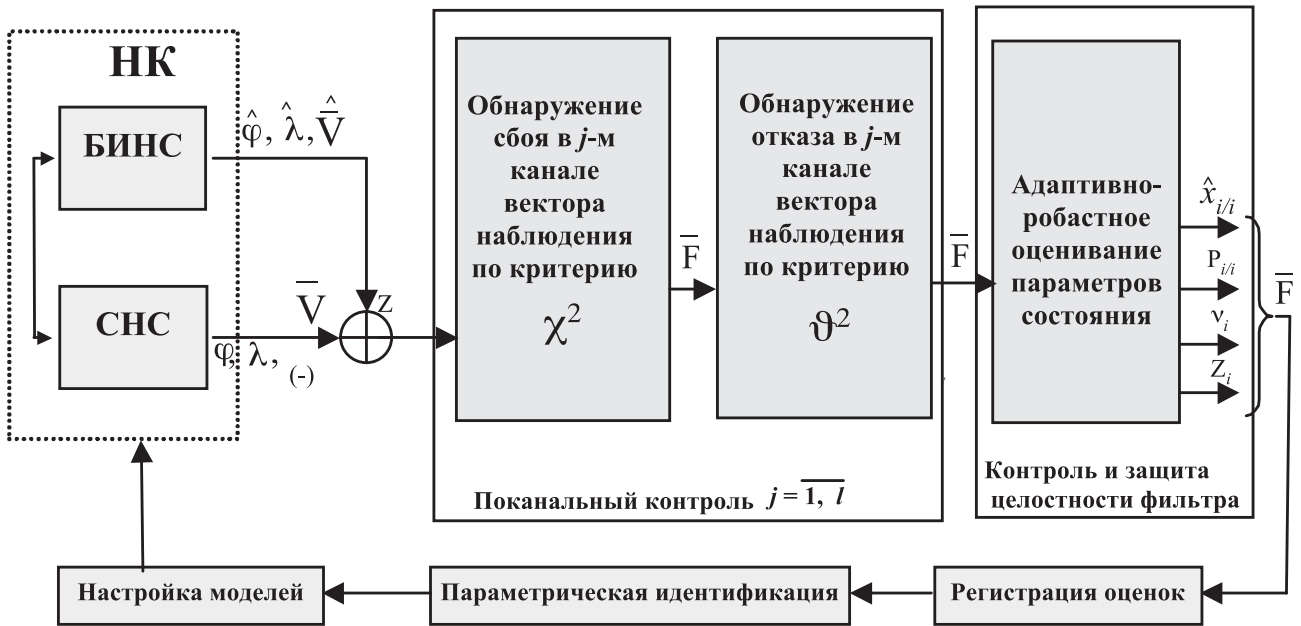


Рис. 2. Структура единого технологического цикла оценивания параметров состояния, контроля и парирования нарушений в навигационном комплексе

о параметрах модели ошибок, например, относительно гауссовского характера возмущений;

- адаптивные подходы предусматривают настройку параметров модели ошибок заданной структуры для обеспечения требуемой достоверности оценивания;
- регуляризирующие подходы, обеспечивающие положительную определенность ковариационной матрицы ошибок оценивания при решении уравнения Риккати в ЦВМ с ограниченной разрядной сеткой;
- подходы, обеспечивающие обнаружение и парирование нарушений в НС;
- подходы, обеспечивающие синхронизацию измерений и взаимную поддержку навигационных систем, работа которых основана на различных физических принципах.

Анализ современных исследований и разработок в области бортовых алгоритмов комплексной обработки информации показывает, что их развитие характеризуется интеграцией [7] различных подходов к защите целостности и повышению информационной надежности НС на базе ОФК.

Рассматриваемые в работе программные средства повышения информационной надежности НК опираются на единую технологию оценивания параметров состояния, контроля и парирования нарушений в НК [8]. Структура такой технологии представлена на рис. 2, где обозначены: φ ; λ ; \bar{V} – соответственно геодезические широта, долгота и вектор траекторной скорости объекта; z – вектор сигналов наблюдений; $\hat{x}_{i/i}$ – вектор оценок ошибок НК x_i на i -м шаге по i наблюдениям; $v_i = z_i - H_i \Phi_i \hat{x}_{i-1/i-1}$ – обновляющая последовательность (невязка); Φ_i – переходная матрица для вектора ошибок НК; H_i – матрица коэффициентов связи; $P_{i/i}$ – ковариационная матрица

ошибок оценивания, формируемая ОФК или адаптивно – робастным фильтром; $(\hat{\dots})$ – символ оценки; СНС – спутниковая навигационная система.

Процедуры локализации нарушений в НК опираются на технологию поканальной (поэлементной) обработки вектора наблюдений $z_i = z_{1i}, \dots, z_{li}$, позволяющую контролировать НК по обобщенным параметрам, характеризующим состояние каждого из l измерительных каналов. Например, для контроля j -го измерительного канала используется нормированная невязка $\beta_j = v_j/\alpha_j$, где α_j – параметр масштаба; $j = \overline{1, l}$. Статистические свойства указанных невязок используются для построения решающих правил, а именно: при отсутствии разладки между прогнозируемым и реальным наблюдениями квадрат нормированной невязки β_j^2 имеет распределение χ^2 , а отношение реальной $\hat{\alpha}_j^2$ и прогнозируемой α_j^2 дисперсий невязок – распределение v^2 . Для данных распределений математическое ожидание и дисперсия имеют табулированные значения. Необходимые условия исправного состояния НК по j -му элементу вектора наблюдений z_i вытекают из свойств невязки v_j и имеют вид:

$$v_j \in N(0, \alpha^2);$$

$$\beta_j^2 = v_j^2 / \alpha_j^2 \in \chi^2(1, 2);$$

$$F_j = \hat{\alpha}_j^2 / \alpha_j^2 \in \vartheta^2(b, c),$$

где b ; c – табулированные значения математического ожидания и дисперсии для распределения v^2 .

Используя свойства распределений χ^2 и v^2 , а также правило 3σ [8] могут быть сформированы допуски y_j^2 и η_j^2 соответственно на исправное и работоспособное состояние интегрированной НС по j -му каналу вектора наблюдений

$$\beta_j^2 \leq \gamma^2 = 1 + 3\sqrt{2} \approx 5.2;$$

$$F_j \leq \eta^2 = b + 3\sqrt{2}c.$$

Параметр β_j^2 формируется по текущей невязке и отражает текущее состояние j -го канала вектора наблюдений. Его отклонение от допуска γ^2 может быть связано как с кратковременными сбоями, так и с отказами. Параметр F_j формируется по усредненному множеству значений невязки на скользящем временном интервале. Поэтому его отклонение от допуска η^2 может быть связано с постепенным отказом. При отсутствии нарушений невязка v_j обрабатывается обобщенным фильтром Калмана, парирование отказа осуществляется путём подключения резервного канала, а парирование кратковременного сбоя – путём адаптивно-робастной обработки невязки с использованием функции влияния $\psi(\beta)$ [8,9], устанавливающей меру доверия к поступающим наблюдениям. Такая функция может быть сформирована для нормированной невязки j -го измерительного канала $\beta_j = v_j/\alpha_j$, где невязка $v_j = z_j - \hat{z}_j$ представляет собой разность между реальным z и прогнозируемым $\hat{z}_j = H_j m_j$ значениями наблюдений.

Для нормированной невязки может быть сформирована функция робастного правдоподобия $\rho(\beta)$ и выполнена оптимизация оценок

$$\hat{x}_i = \arg \min_{x_i} \sum_{i=i_0+1}^{i_f} \rho(\beta_i), \quad (3)$$

где $\rho(\beta) = -\ln f(\beta)$; $f(\beta)$ – функция плотности вероятности (ФПВ).

Решением задачи (3) с учетом ограничения $x_i - \Phi_i x_{i-1} - \Gamma_i \xi_{i-1} = 0$, где $\xi_{i-1}; \Gamma_i$ – вектор возмущений и его переходная матрица, является алгоритм робастного оценивания. Вычислительно устойчивая U - D модификация такого алгоритма имеет следующий вид [7]:

Прогноз: $m_0 = \hat{x}_{i/i-1} = \Phi_i \hat{x}_{i-1/i-1};$

$$MWGS \left\{ \begin{array}{l} \bar{W}_i = [\Phi_i U_{i-1/i-1} \vdots \Gamma_i] \\ \bar{D}_i = \text{diag}(D_{i-1/i-1}, Q_{i-1}) \end{array} \right\} \rightarrow U_0; D_0;$$

Настройка: $v_j = z_j - H_j m_{j-1}; \beta_j = v_j / \alpha_j;$
 $\psi_j = \psi(\beta_j); \psi'_j = \psi'(\beta_j);$

Коррекция:

$$f_j = H_j \bar{U}_{j-1}; V_j = D_{j-1} f_j^T;$$

$$\bar{\alpha}_j = f_j V_j \psi' + \alpha_j^2; K_j = U_{j-1} V_j / \bar{\alpha}_j;$$

$$MWGS \left\{ \begin{array}{l} \bar{W}_j = [K_j f_j \psi'_j - U_{j-1} \vdots K_j] \\ \bar{D}_j = \text{diag}(D_{j-1}, \alpha_j^2 \psi'_j) \end{array} \right\} \rightarrow U_j; D_j;$$

$$m_j = m_{j-1} + K_j \alpha_j \psi_j; U_{i/i} = U_{i-1}; D_{i/i} = D_{i-1}; \hat{x}_{i/i} = m_i; j = \overline{1, l},$$

$$\psi_j = \psi(\beta_j) = \frac{\partial \rho(\beta)}{\partial \beta} \Big|_{\beta = \beta_j};$$

где $\psi'_j = \psi'(\beta_j) = \frac{\partial^2 \rho(\beta)}{\partial \beta^2} \Big|_{\beta = \beta_j}.$

Функции ψ_j и ψ'_j могут быть сформированы с учетом априорных предположений о законах распределений полезного сигнала и помехи. Выбор значений указанных функций опирается на необходимые условия [10] отсутствия расходимости фильтра, а именно: обобщенный параметр имеет распределение Гаусса $\beta \in N(0,1)$; выполняется правило [11] 3σ для вероятности P нахождения случайной величины, имеющей распределение Гаусса, на интервале $-3\sigma, 3\sigma$:

$$P\{|\beta - E[\beta]| \geq 3\sigma\} = 0,0027. \quad (4)$$

Для случайной величины β правило (4) можно записать в виде

$$P\{|\beta| < 3\} = 0,9973 \quad (5)$$

Таким образом, правильному функционированию фильтра можно поставить в соответствие неравенство $|\beta| < 3$,

а также следующие значения функций

$$f_g(\beta) = (2\pi)^{-\frac{1}{2}} \exp(-0.5\beta^2);$$

$$\rho_g(\beta) = 0.5 \ln(2\pi) + 0.5\beta^2;$$

$$\psi_g(\beta_j) = \beta_j;$$

$$\psi'_g(\beta_j) = 1.$$

Нарушение неравенства (6) может быть связано как с разладкой фильтра, так и с наличием аномальных наблюдений. В робастной статистике [9] гауссовские случайные величины, имеющие «выбросы», описываются распределением Лапласа. Такому распределению и нестандартным условиям применения фильтра можно поставить в соответствие следующие функции

$$f_l(\beta) = 0.5 \exp(-|\beta|);$$

$$\rho_l(\beta) = \ln 2 + |\beta|;$$

$$\psi_l(\beta_j) = |\beta_j|;$$

$$\psi'_l(\beta_j) = 0.$$

Размытость границ между аномальными и кондиционными сигналами может быть учтена с помощью математического аппарата нечетких множеств [12]. Такой математический аппарат позволяет формализовать неопределенность с помощью нечетких чисел и соответствующих им функций принадлежности. В частности, используя симметричную треугольную форму описания функций принадлежности, нечеткость классификации невязок можно учесть путем соответствующего уменьшения весовых коэффициентов в окрестностях допуска 3σ . Однако более точный вариант настройки функции влияния в окрестностях допусков может быть реализован на основе свертки ФПВ Гаусса и Лапласа. Такая свертка может быть выполнена с помощью производящих функций моментов (ПФМ) [13,14]

$$M_{lg}(T) = M_l(T)M_g(T) = (1-T^2)^{-1} \exp(T^2/2), \quad (7)$$

где $M(T)$ – ПФМ; T – в общем случае комплексное число; $K(T) = \ln M(T)$ – производящая функция кумулянтов.

Опираясь на результаты работы [14], можно показать, что для нормированной невязки β_j справедливы следующие соотношения

$$\psi(\beta_j) = T_0 + K^{(3)}(T)/2 \Big|_{T=T_0}; \quad (8)$$

$$\psi'(\beta_j) = \left[1 + \partial K^{(3)}(T)/\partial T \right] \frac{\partial T}{\partial \beta} \Big|_{T=T_0}, \quad (9)$$

где T_0 – значение аргумента в седловой точке, для которой справедливо равенство $K'_T(T) \Big|_{\beta_j=0} = 0$. (10)

С учетом приближения $\ln(1-T^2) \approx -T^2$ и соотношений (7) – (10) параметры ψ_j и ψ'_j будут иметь вид $\psi_{lg}(\beta_j) = \beta_j/3$; $\psi'_{lg}(\beta_j) = 1/3$.

Функция влияния и ее производная, отражающие рассмотренные предположения, показаны на рис. 3.

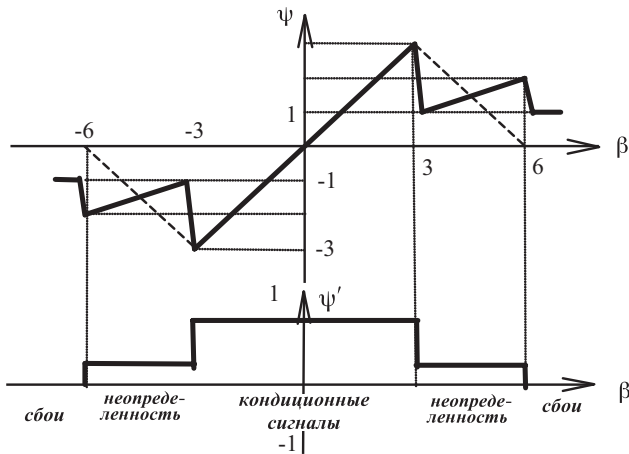


Рис. 3. Диаграмма управления оценивающим фильтром по функции влияния

На данном рисунке пунктирной линией обозначена также типовая функция принадлежности. Однако взаимосвязь такой функции с параметром ψ'_j не является очевидной.

3. Анализ бесплатформенной инерциально-спутниковой навигационной системы БИНС-500 как объекта оценки состояния

Представленная технология повышения информационной надежности была апробирована в инерциально-спутниковой навигационной системе БИНС-500 на волоконно-оптических гироскопах (ВОГ) разработки НПК «ОПТОЛИНК» (г. Зеленоград). На рис. 4 представлена система БИНС-500 с технологическими кабелями, а на рис. 5 – ее структурная схема. Основные модули БИНС-500: трехосный блок инерциальных чувствительных элементов БЧЭ-500 на базе триады волоконно-оптических гироскопов и акселерометров; спутниковый приемник К-161

разработки ОАО «РИРВ» (г. С.-Петербург), вычислительный модуль в стандарте РС-104, блоки питания, входного и выходного интерфейсов.

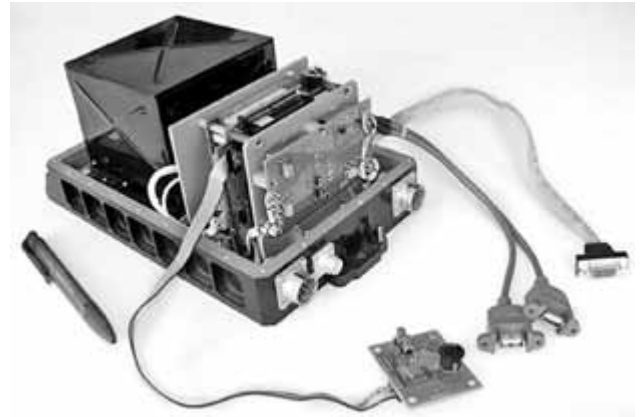


Рис. 4. Бесплатформенная инерциально-спутниковая навигационная система БИНС-500

Для синхронизации сигналов, организации потоковой обработки измерений, а также преобразования последовательного кода в параллельный в структуру системы БИНС-500 включена плата адаптера. Аппаратное и программно-математическое обеспечение (ПМО) БИНС-500 имеет модульную структуру, аналогичную системе БИНС-1000 и рассмотренную в работе [15]. Однако система БИНС-500 имеет существенно меньший вес (не более 4,5 кг) и габариты.

Случайные остаточные дрейфы ВОГ, входящих в систему БИНС-500, порядка $0,1...0,3$ град/ч, акселерометров – порядка 10^{-4} g. Аппаратное обеспечение, сформированное по критерию эффективности – стоимость, дает основание отнести представленную версию БИНС к системам среднего класса точности. Именно в таких системах представляется целесообразным применение процедур аналитической компенсации оценок остаточных дрейфов ЧЭ и повышения на этой основе информационной надежности навигационных определений.

Циклограмма работы системы БИНС-500 включает следующие этапы: грубая начальная выставка; точная начальная выставка; навигационный режим, включающий подрежимы автономной инерциальной навигации, инерциально-спутниковой навигации, а также подрежим «ZURТ».

На этапе грубой начальной выставки выполняется приближенное определение угловой ориентации БЧЭ по выходным сигналам чувствительных элементов.

На этапе точной начальной выставки оцениваются ошибки угловой ориентации БЧЭ, а также остаточные дрейфы ЧЭ и параметры их динамических моделей. Данная задача решается на основе последовательной обработки адаптивно-робастным фильтром сигналов наблюдений z_i следующего вида:

$$z_{\Theta}(i) = C_{0(i)}^T \int_{t_{i-1}}^{t_i} \dot{\Theta}(\tau) d\tau - [0:0:\Omega \Delta t_i] T; \quad (11)$$

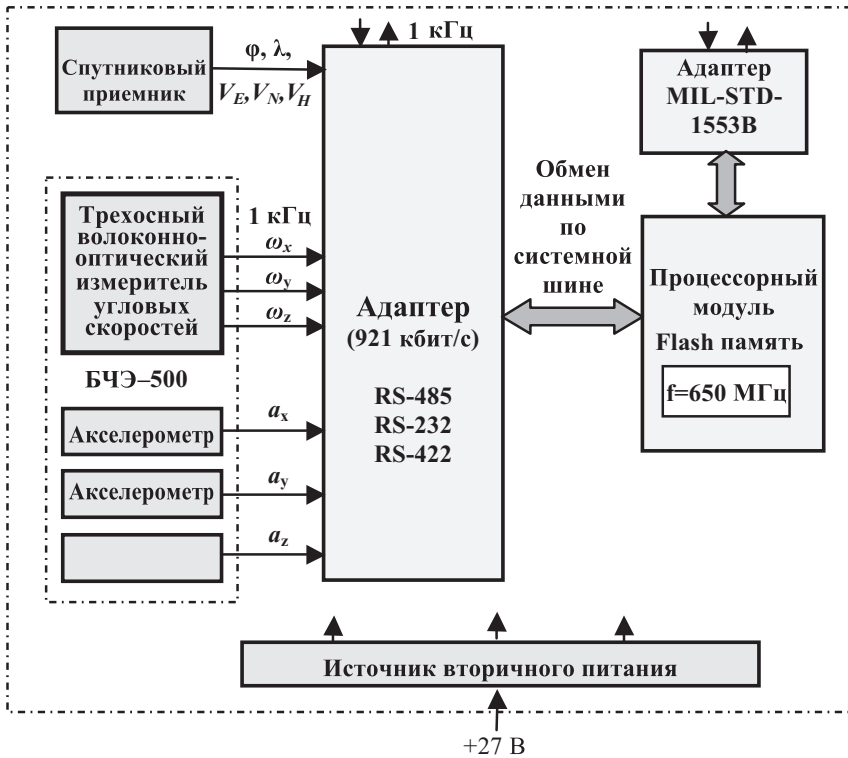


Рис. 5 Структурная схема бесплатформенной инерциально-спутниковой навигационной системы БИНС-500

$$z_{k(i)} = [\varphi_i \lambda_i]^T_{\text{БИНС}} - [\varphi_i \lambda_i]^T_{\text{ТНВ}}; \quad (12)$$

$$z_{v(i)} = [V_\xi V_\eta V_\zeta]^T_{(i)\text{БИНС}}, \quad (13)$$

где ТНВ – обозначение точки начальной выставки; φ_i, λ_i – геодезические широта и долгота местоположения БИНС; $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ – шаг наблюдений; $\bar{\Omega} = [\Omega_\xi \ \Omega_\eta \ \Omega_\zeta]^T$ – вектор угловой скорости вращения Земли в проекциях на оси полусвободного в азимуте опорного трехгранника $o\xi\eta\zeta$; C_o – матрица направляющих косинусов, характеризующая угловую ориентацию связанной с БЧЭ системы координат ox_uz относительно инерциальной $Ox_u Y_u Z_u$; $\bar{V} = [V_\xi \ V_\eta \ V_\zeta]^T$ – вектор относительной скорости движения БЧЭ в проекциях на оси опорного навигационного трехгранника $o\xi\eta\zeta$.

Наблюдения вида (11), (13) используются также для реализации режима «ZУРТ» во время остановки объекта при движении по земной поверхности.

Комплексный режим инерциально-спутниковой навигации реализуется на основе последовательной обработки адаптивно-робастным фильтром позиционных и скоростных наблюдений

$$z_{k(i)} = [\varphi_i \lambda_i]^T_{\text{БИНС}} - [\varphi_i \lambda_i]^T_{\text{СНС}}; \quad (14)$$

$$z_{v(i)} = C_{3(i)}^T [V_\xi V_\eta V_\zeta]^T_{(i)\text{БИНС}} - [V_E V_N V_H]^T_{(i)\text{СНС}}, \quad (15)$$

где C_3 – матрица направляющих косинусов, характеризующая взаимную угловую ориентацию опорного $o\xi\eta\zeta$ и геодезического $oENH$ трехгранников.

Программно-математическое обеспечение системы БИНС-500 построено на основе двух уравнений

Пуассона: для кватернионов ориентации q_0 и навигации q_1 . С учетом этого базовый вектор ошибок БИНС $x(t)$ включает 17 параметров, а именно: ошибки счисления составляющих вектора относительной скорости $\Delta V_\xi, \Delta V_\eta, \Delta V_\zeta$, ошибки счисления элементов кватернионов ориентации Δq_0 и навигации Δq_1 , угловые дрейфы ВОГ $\Delta \dot{\theta}_x, \Delta \dot{\theta}_y, \Delta \dot{\theta}_z$ и смещения акселерометров $\Delta a_x, \Delta a_y, \Delta a_z$. Уравнения ошибок ЧЭ вида (1) формируются в системе координат, связанной с БЧЭ.

Во всех режимах выполняет компенсация прогнозируемых оценок дрейфов ВОГ и смещений акселерометров. Кроме того, на уровне первичной обработки сигналов ЧЭ выполняется их комбинированная цифровая фильтрация, включающая следующие настраиваемые процедуры:

- входной прогнозирующий контроль сигналов ЧЭ по комбинированному критерию согласия χ^2/v^2 в соответствии со схемой, представленной на рис. 2. В качестве наблюдений в этом случае используются невязки между прогнозными и реальными сигналами ВОГ. Прогнозирование выполняется в режиме реального времени с помощью ортогональных полиномов Чебышева по скользящей выборке отсчетов сигналов ВОГ;
- локализация и парирование случайных сбоев;
- подавление шумовых составляющих погрешностей ЧЭ путем рекуррентного сглаживания сигналов;
- учет калибровочных коэффициентов, отражающих систематические погрешности ЧЭ, перекосы их осей, а также тепловые дрейфы.

Наличие в процессорном модуле *flash* – памяти позволяет регистрировать оценки дрейфов ЧЭ для послеполетной коррекции коэффициентов сноса α и диффузии σv модели ошибок (1).

4. Анализ результатов обработки программно-аппаратного обеспечения системы БИНС-500

Эксперименты проводились в наземных условиях с размещением оборудования в подвижной лаборатории на базе автомобиля. Была реализована следующая циклограмма работы системы БИНС-500: грубая начальная выставка ($t=0...100$ с); точная начальная выставка ($t=100...600$ с); навигационный режим ($t > 600$ с).

Некоторые результаты эксперимента по оценке точностных характеристик системы БИНС-500 представлены на рис. 6–18. Результаты сравнительного анализа функционирования БИНС с различными схемами демпфирования ошибок ЧЭ получены на основе

счисления параметров движения по зарегистрированным сигналам БЧЭ и СНС.

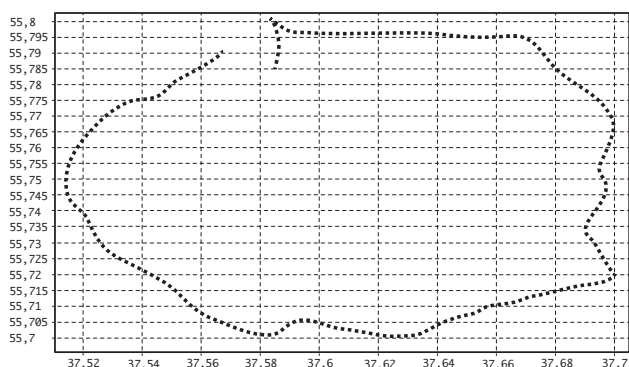


Рис. 6. Горизонтальная траектория движения испытательной лаборатории в городских условиях; по оси абсцисс приведены значения λ , угл. град, по оси ординат – ϕ , угл. град

На рис. 6 показана горизонтальная траектория движения испытательной лаборатории в городских условиях. На рис. 7–9 показаны соответственно углы

истинного курса, тангажа и крена БЧЭ как функции времени t , с. На всех остальных рисунках параметры также являются функциями времени t , с.

На рис. 10 показаны: выходной сигнал (график светлого цвета, угл. сек/с) гироскопа ox , а также сглаженный с помощью адаптивно-робастного цифрового фильтра сигнал (график темного цвета) того же гироскопа. Сглаживание выполнялось с частотой сема сигналов ЧЭ 1 кГц.

На рис. 11 показана оценка остаточного дрейфа ВОГ ox , а на рис. 12 – оценка смещения акселерометра ox . Оценки получены при обработке наблюдений (11) ÷ (15) с частотой 1 Гц в процессе точной начальной выставки и в режиме навигации.

С 600с система БИНС – 500 функционировала в режиме автономной инерциальной навигации и компенсации в сигналах ЧЭ оцениваемых остаточных дрейфов и смещений.

На рис. 13 показана численная БИНС (график темного цвета) и определенная с помощью СНС (график светлого цвета) составляющая вектора путевой

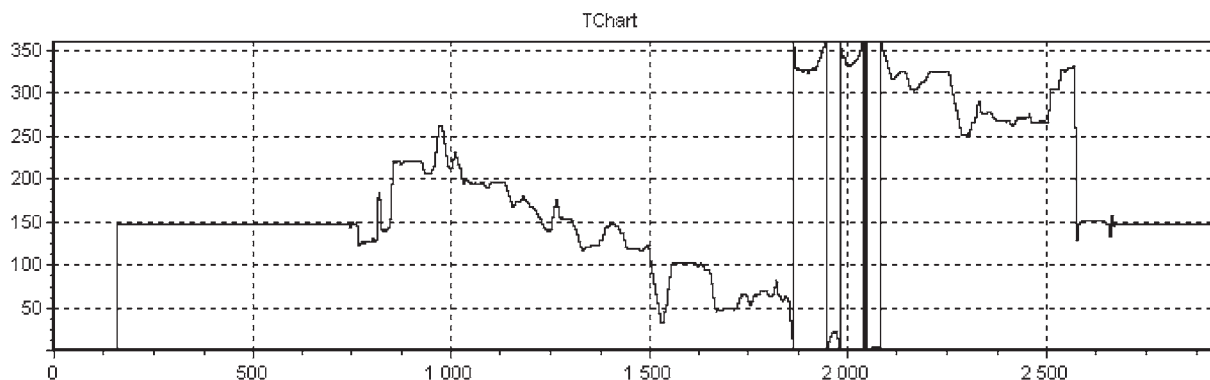


Рис. 7. Угол истинного курса ψ , угл. град

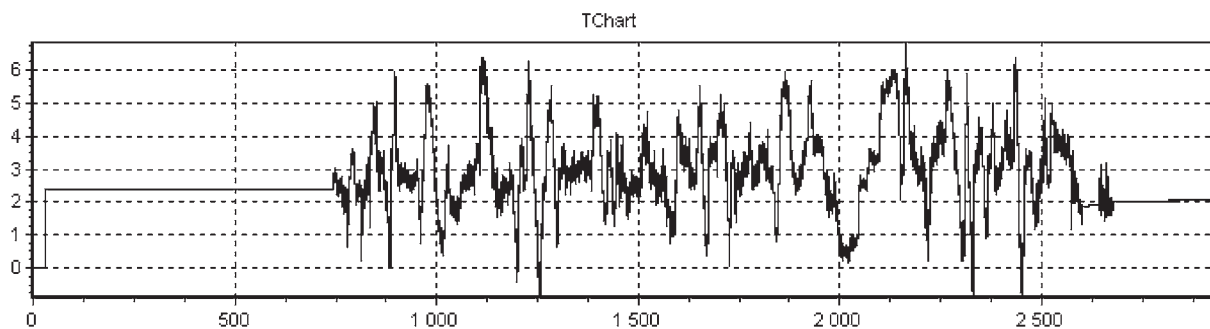


Рис. 8. Угол тангажа, угл. град

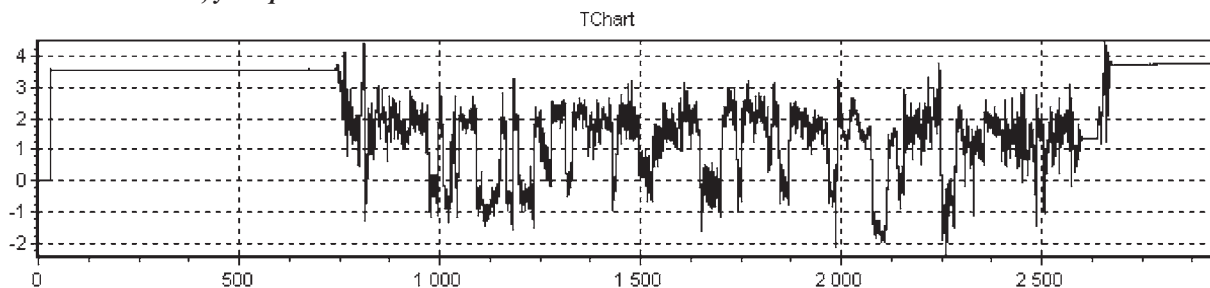


Рис. 9. Угол крена γ , угл. град

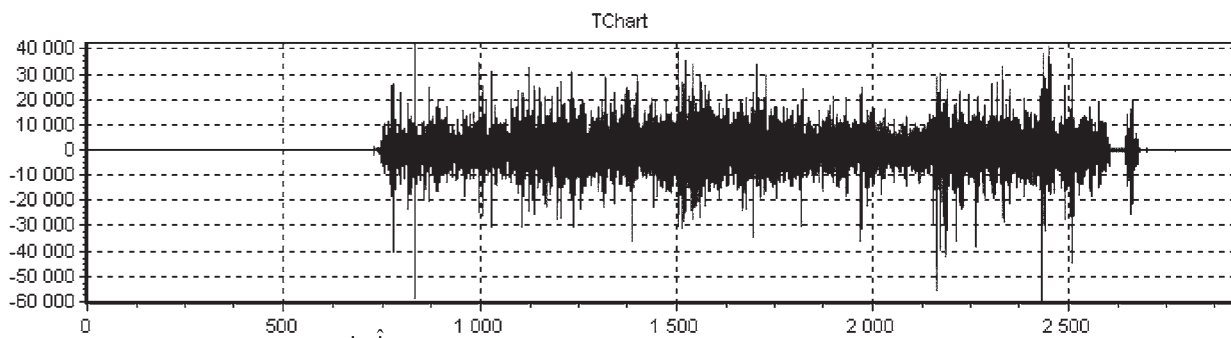


Рис. 10. Выходной сигнал ВОГ ох $\hat{\Theta}_x, \hat{\Theta}_y$, угл. с/с

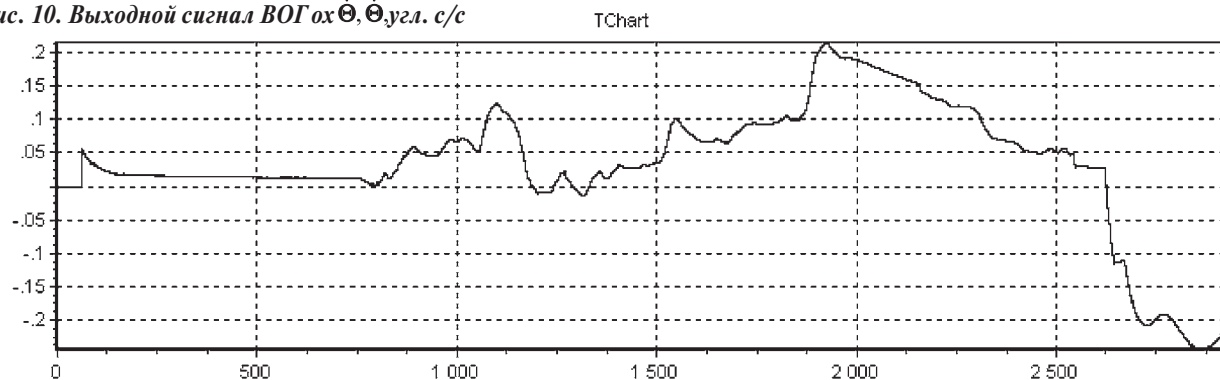


Рис. 11. Оценка остаточного дрейфа ВОГ ох $\Delta\omega_x$, град./ч

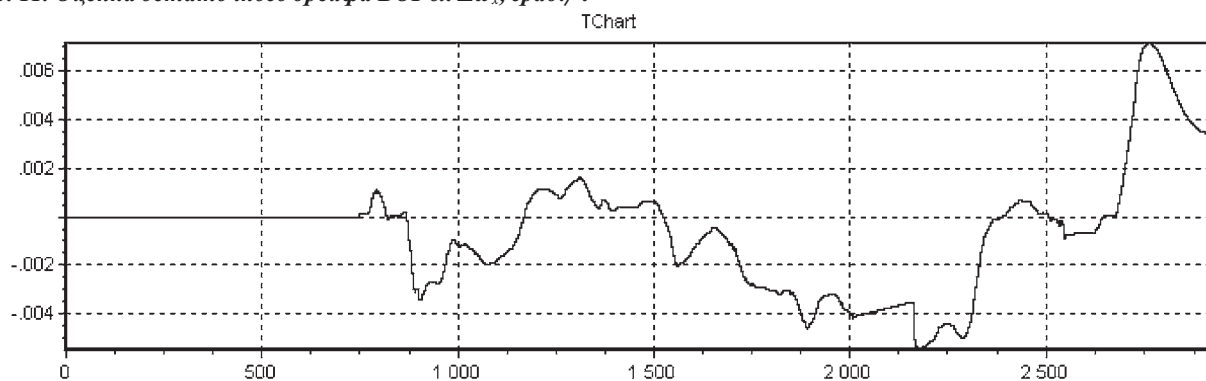


Рис. 12. Оценка смещения акселерометра ох $\Delta\hat{a}_x$

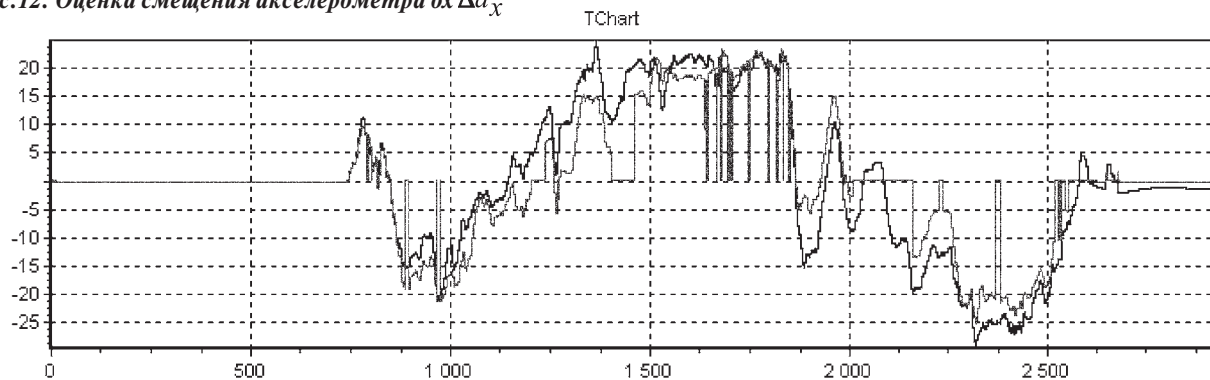


Рис. 13. Динамика изменения скорости VE при демпфировании оценок остаточных дрейфов чувствительных элементов V_E , м/с

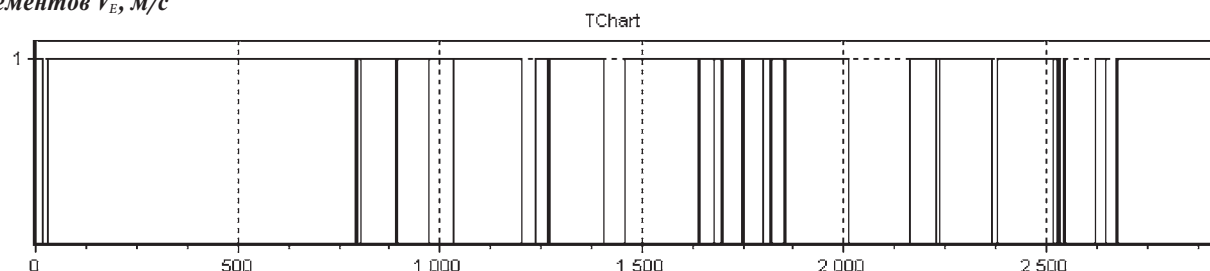


Рис. 14. Признаки наличия сигналов СНС при движении в городских условиях

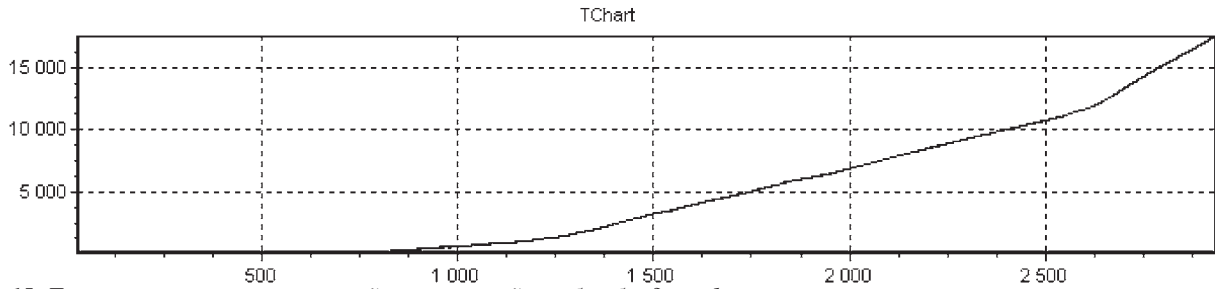


Рис. 15. Динамика изменения круговой позиционной ошибки без демпфирования аномальных сигналов чувствительных элементов ΔS , м

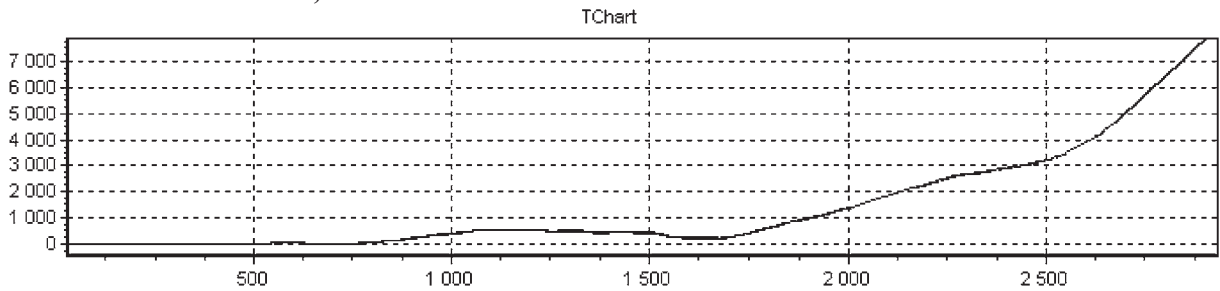


Рис. 16. Динамика изменения круговой позиционной ошибки без демпфирования остаточных дрейфов чувствительных элементов ΔS , м

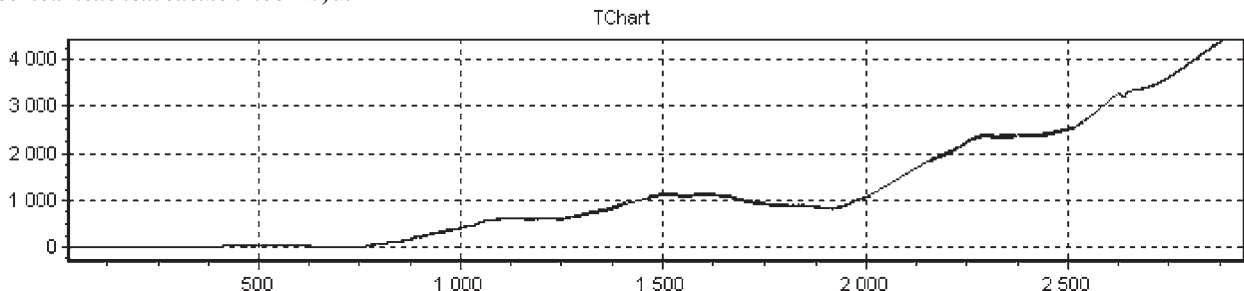


Рис. 17. Динамика изменения круговой позиционной ошибки без демпфирования остаточных дрейфов ВОГ ΔS , м

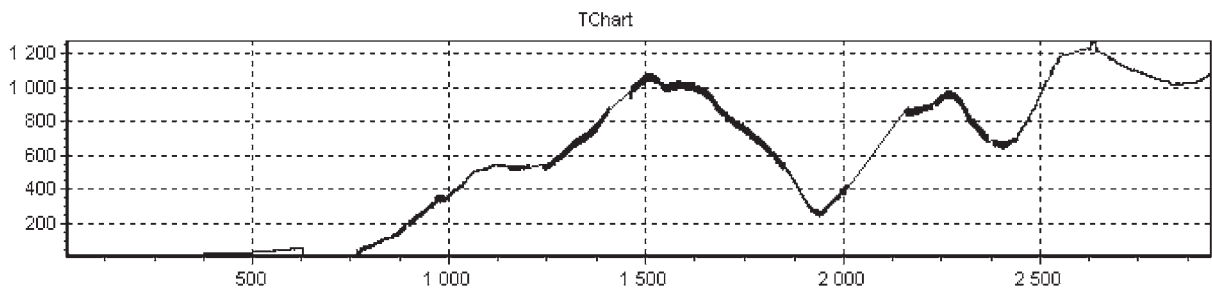


Рис. 18. Динамика изменения круговой позиционной ошибки при демпфировании остаточных дрейфов чувствительных элементов ΔS , м

скорости объекта V_E . Рис. 14 отражает наличие сигналов СНС при движении в городских условиях, а именно: «1» – сигналы есть; «0» – сигналов нет.

На рис. 15 показана круговая ошибка оценки местоположения объекта ΔS , соответствующая числению параметров движения БИНС без демпфирования аномальных сигналов и остаточных дрейфов ЧЭ в режиме навигации, где

$$\Delta S = \sqrt{\delta_\varphi^2 + \delta_\lambda^2};$$

$$\delta_\varphi = (\varphi_{\text{БИНС}} - \varphi_{\text{СНС}})R;$$

$$\delta_\lambda = (\lambda_{\text{БИНС}} - \lambda_{\text{СНС}})R,$$

$$R = a(1 - 0,5e^2 \sin^2 \varphi); a = 6378245 \text{ м}; e^2 = 0,0066934.$$

На рис. 16 показана круговая позиционная ошибка ΔS , соответствующая числению параметров движения БИНС с учетом парирования аномальных сигналов ЧЭ, но без демпфирования остаточных дрейфов ЧЭ. Можно видеть, что адаптивно-робастное сглаживание сигналов позволило уменьшить ошибку ΔS не менее, чем в 2 раза.

На рис. 17 показана круговая ошибка ΔS , соответствующая числению параметров движения БИНС с учетом парирования аномальных сигналов ЧЭ, но без демпфирования остаточных дрейфов ВОГ. Можно видеть, что оценка и компенсация смещений акселерометров позволила дополнительно уменьшить ошибку ΔS в 2 раза.

На рис. 18 показана круговая ошибка ΔS , соответствующая счислению параметров движения БИНС с учетом парирования аномальных сигналов ЧЭ, а также с учетом оценки и компенсации смещений акселерометров и дрейфов ВОГ. Это позволило на порядок уменьшить ошибку ΔS .

Анализ результатов исследований показал, что периодическое использование спутниковой информации позволяет оценивать и демпфировать оставшиеся после заводской калибровки и начальной выставки погрешности ЧЭ, а также случайные погрешности, возникающие в процессе эксплуатации БИНС. Кроме того, информационная надежность навигационных определений может быть повышена на основе локализации и парирования нарушений путем адаптивно-робастной обработки наблюдений. Применение таких процедур позволило поддерживать точностные характеристики рассматриваемой БИНС на уровне одной мили за час.

Точностные характеристики БИНС могут существенно ухудшиться при неточной настройке параметров α и σ в динамических моделях погрешностей ЧЭ (1). Аппаратные возможности системы БИНС-500 позволяют выполнять регистрацию и постобработку сигналов ЧЭ. Это дает возможность уточнять диапазоны

изменения указанных параметров и на этой основе компенсировать заводскую «недокалибровку» ЧЭ. Решение такой задачи реализуется на основе процедур идентификации [16] и адаптивной настройки параметров динамических моделей погрешностей ЧЭ для их последующего применения в реальных условиях эксплуатации БИНС.

Заключение

Рассмотренные подходы к повышению информационной надежности навигационных определений опираются на возможности современных программно-аппаратных средств комплексной обработки информации. Такие средства позволяют реализовывать следующие процедуры улучшения эксплуатационных характеристик БИНС:

- локализация и парирование нарушений;
- повышение достоверности оценивания погрешностей чувствительных элементов;
- идентификация параметров моделей погрешностей ЧЭ для реализации алгоритмов прогнозирования и компенсации оценок дрейфов гироскопов и смещений акселерометров.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 11-08-01174-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веремеенко К. К., Кошелев Б. В., Соловьев Ю. А. Анализ состояния разработок интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем // *Новости навигации*, 2010, № 4, с. 32–41.
2. Дмитриев С. П., Колесов Н. В., Осипов А. В. Информационная надежность, контроль и диагностика навигационных систем. – СПб.: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электронприбор», 2003. – 207 с.
3. Соловьев Ю. А. Спутниковая навигация и ее приложения. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 326 с.: ил.
4. Graas F. Signals Integrity. In AGARD Lecture Series 207, 1996, pp. 7/1–12.
5. Бабич О. А. Обработка информации в навигационных комплексах. – М.: Машиностроение, 1991. – 512 с.
6. Fitzgerald R. J. Divergence of the Kalman Filter // *IEEE Trans. on Automatic Control*. 1971, Vol. 16, No 6, pp. 736–747.
7. Чернодаров А. В., Патрикеев А. П., Будкин В. Л., Голиков В. П., Ларионов С. В. Летная отработка бортовых оценивающих фильтров // *Материалы 11-й Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам.* – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электронприбор», 2004, с. 19–28.
8. Колодежный Л. П., Чернодаров А. В. Надежность и техническая диагностика: Учебник для ВУЗов ВВС. – М.: ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», 2010. – 452 с.
9. Королюк В. С., Портенко Н. И., Скороход А. В., Турбин А. Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Наука, ГРФМЛ, 1985. – 640 с.
10. Устойчивые статистические методы оценки данных / Пер. с англ. Ю. Н. Малахова. Под ред. Н. Г. Волкова. – М.: Машиностроение, 1984. – 232 с.
11. Kailath T. An Innovations Approach to Least Squares Estimation. Part 1: Linear Filtering in Additive White Noise // *IEEE Trans. on Automatic Control*, 1968. – Vol. 13, No 6, pp. 646–655.
12. Simon D. Training Fuzzy Systems with Extended Kalman Filter. – In: *Fuzzy Sets and Systems* // *Proc. of the Elsevier Science*, 2002, No 3806, pp. 1–11.
13. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, ГРФМЛ, 1973.
14. Wu W. R. Target Tracking with Glint Noise // *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, 1993, Vol. 29, No 1, pp. 174–185.
15. Коркишко Ю. Н., Федоров В. А., Патрикеев А. П., Чернодаров А. В., Матюшин В. А., Переляев С. Е. Объектно-ориентированная технология интеграции навигационных измерителей и ее реализация в бесплатформенной инерциальной системе БИНС-1000 на волоконно-оптических гироскопах // *Материалы 16-й Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам.* – СПб.: ГНЦ ЦНИИ «Электронприбор», 2008, с. 21–30.
16. Чернодаров А. В., Патрикеев А. П., Платонов А. Ю., Будкин В. Л., Голиков В. П., Ларионов С. В. Параметрическая идентификация моделей погрешностей интегрированных систем навигации в режиме реального времени и по данным бортовых устройств регистрации // *Гироскопия и навигация*, 2007, № 4 (30), с. 17–31.



УДК 621.396.96

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЛАБОРАТОРИИ «ИНТЕРНАВИГАЦИЯ-ТЕСТ» ДЛЯ СЕРТИФИКАЦИИ ПРИЕМНИКОВ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

В. М. Царев, С. В. Михайлов, Н. А. Мещеряков¹, А. В. Засецкий²

В статье рассматриваются новые возможности лаборатории сертификации спутниковых приемников «Интернавигация-ТЕСТ», реализованные путем модернизации имитатора навигационных сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС)

Ключевые слова: ГЛОНАСС, имитатор, сигнал, навигационный, система, GPS, EGNOS, WAAS, MSAS

NOVEL CAPABILITIES OF THE INTERNAVIGATION-TEST LAB IN CERTIFICATION OF SATELLITE NAVIGATION SIGNAL RECEIVERS

V. M. Tsarev, S. V. Mikhailov, N. A. Meshcheriakov, A. V. Zasetsky

The paper describes new capabilities of the satellite receiver certification laboratory «Internavigatsia-TEST» resulted from upgrade of the GNSS signal simulator

В настоящее время развернуты и излучают сигналы модернизированные глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) ГЛОНАСС и GPS, находятся в стадии развертывания европейская система Galileo и китайская ГНСС Compass, предполагается создание такой же индийской системы [1].

Кроме того, использование сигналов действующих дополняющих широкозонных дифференциальных подсистем EGNOS, WAAS, MSAS и др. позволяет повысить точность определения местоположения объектов. Навигационные приложения становятся все более распространенными и востребованными пользователями. Сегодня многие компании разрабатывают новые навигационные приемные устройства, стремясь задействовать новейшие технологические достижения в области ГНСС.

Использование имитаторов сигналов ГНСС позволяет организовывать управляемое и повторяемое тестирование навигационных приемников в нормальных и экстремальных условиях. Только с помощью радиочастотного имитатора можно полностью оценить работу приемника при любых условиях, протестировать и оптимизировать работу навигационных приложений, провести эксперименты с новыми навигационными технологиями.

В большинстве случаев имитаторы сигналов ГНСС обеспечивают прекрасную альтернативу для испытаний навигационной аппаратуры потребителей по сравнению с использованием сигналов ГНСС в реальных



условиях работы. В отличие от испытаний в реальных условиях, имитаторы не только позволяют пользователям моделировать спутниковые сигналы и разнообразные рабочие условия, но и обеспечивают полный контроль над выполнением различных сценариев для различных видов испытаний в управляемой лабораторной среде.

Параметрами, задаваемыми при проведении испытаний являются:

- **дата, время и координаты.** Имитаторы генерируют сигналы группировки спутников ГНСС для любых координат и времени;

¹ В. М. Царев – генеральный директор, С. В. Михайлов, Н. А. Мещеряков – сотрудники; все из ОАО «НТЦ «Интернавигация». internavigation@rgcc.ru

² А. В. Засецкий – директор по развитию бизнеса, компания «SYRUS SYSTEMS». sale@syrus.ru

Таблица 1.

Многоканальная высокочастотная система имитации сигналов GPS/SBAS STR4760

Выходная частота	
Канал L1	1575,42 МГц
Динамика сигнала	
Макс. скорость	±120000 м/с
Макс. ускорение	±3600 м/с ²
Макс. изменение ускорения	±5000 м/с ³
Точность сигнала (Максимальная СКО* за 1 минуту)	
Псевдодальность	±0,01 м
Скорость изменения псевдодальности	±1 мм/с
Дельта псевдодальности	±5 мм
Межканальное смещение	±0,05 м (код), ±0,26 мм (несущая)
Регулировка уровня сигнала	
Диапазон	+20/-36 дБ
Разрешающая способность	0,1 дБ
Точность	±0,7 дБ**
Генератор сигналов	
L1	16 независимых
Общие параметры	
Размеры	265 × 450 × 530 мм
Вес (зависит от конфигурации)	23,5...28 кг
Питание	100...250 В; 600 Вт; 48...62 Гц
Встроенное тестирование	Стандартное для уровня модуля
Рабочая станция	
Операционная система	Windows XP
Интерфейсы	IEEE-488, RS232, Ethernet, параллельный
Питание	115/230 В; 450 Вт; 50/60 Гц

* СКО – среднеквадратическая ошибка.

** Корень квадратный из суммы квадратов.

– движение транспортного средства. Имитаторы позволяют моделировать перемещение транспортных средств, таких как автомобили, суда, самолеты и космические аппараты для проведения испытаний в динамике;

– условия среды. Имитаторы моделируют факторы, влияющие на работу ГНСС-приемников, такие как атмосферные эффекты, затенения, многолучевые отражения, характеристики антенны и сигналы взаимных помех;

– ошибки сигналов и погрешности. Имитаторы обеспечивают контроль содержания и характеристик сигналов группировки спутников ГНСС. Возможно проведение тестов для определения того, как будет работать оборудование при возникновении различных ошибок сигналов группировки спутников ГНСС.

Имитаторы широко используются в научных учреждениях и в промышленности, при производстве практически всех ГНСС-приемников и интеграции навигационных систем, а также в различных областях применения, включая навигацию, позиционирование, телекоммуникацию, авиацию, автомобильную и космическую промышленность, для решения задач как гражданского, так и военного назначения. Благодаря имитаторам облегчаются некоторые этапы исследований и разработки продукции, включая анализ требований, проектирование и разработку, интеграцию, производство, обслуживание и техническую поддержку.

Имитаторы сигналов ГНСС предоставляют ряд преимуществ, таких как:

- **полный контроль.** Имитаторы позволяют осуществлять полный контроль всех аспектов испытательных сценариев, включая контроль уровней сигналов спутниковой группировки ГНСС и условий среды;
- **гибкость.** Пользователь имеет возможность простого конструирования различных сценариев испытаний;
- **широкий спектр.** Оборудование может быть испытано при различных рабочих условиях (от нормальных до экстремальных), включая условия, которые невозможно создать при натуральных испытаниях;
- **воспроизводимость.** Испытательные сценарии могут быть одинаковыми при каждом исполнении;

– **надежность.** Поскольку все условия испытаний находятся под контролем, результаты испытаний являются надежными и характеристики оборудования могут оцениваться по известным действительным данным;

– **низкие затраты.** Испытания проводятся в лаборатории без дополнительных расходов на полевые испытания и испытательное оборудование;

– **эффективность.** Многие испытания могут быть проведены на тех же лабораторных стендах, без перенастройки и перемещения оборудования. Существует возможность быстрого создания и выполнения новых испытательных сценариев;

– **обеспечение испытаний будущих систем.** Имитаторы позволяют проводить испытания новых и перспективных возможностей ГНСС.

Таковыми свойствами и преимуществами отличается испытательная лаборатория «Интернавигация-ТЕСТ», благодаря использованию имитатора сигналов ГЛОНАСС и GPS производства SPIRENT Communications (STR4760, STR4780), зарегистрированного в Государственном реестре средств измерений

Таблица 2.

Многоканальная высокочастотная система имитации сигналов ГЛОНАСС STR4780

Выходная частота	
Канал L1 [-7]	1598,0625 МГц
Канал L1 [+24]	1615,5 МГц
Динамика сигнала	
Макс. скорость	±120000 м/с
Макс. ускорение	±3600 м/с ²
Макс. изменение ускорения	±5000 м/с ³
Точность сигнала (Максимальная СКО* за 1 минуту)	
Псевдодальность	±0,01 м
Скорость изменения псевдодальности	±1 мм/с
Дельта псевдодальности	±5 мм
Межканальное смещение	±0,05 м (код) ±0,26 мм (несущая)
Качество сигнала	
Паразитные составляющие	– 30 дБс
Гармоники	– 40 дБс
Фазовый шум (макс.)	0.02 рад. СКО (1 кГц-10 кГц сдвиг)
Стабильность частоты	±5×10 ⁻¹⁰ в день, после 24-часового прогрева
Уровень сигнала	
L1 C/A	– 31 дБм (номинал)
Регулировка уровня сигнала	
Диапазон	±20 дБ
Разрешающая способность	0,1 дБ
Точность	±0,7 дБ**
Генератор сигналов	
Каналы генератора	8 независимых
Размер	265 × 450 × 530 мм
Вес (примерный)	28 кг
Питание	100...250 В; 600 Вт; 48...62 Гц
Встроенное тестирование	Стандартное для уровня модуля
Рабочая станция	
Операционная система	Windows XP
Интерфейсы	IEEE-488, RS232, Ethernet, Параллельный
Питание	115/230 В; 450 Вт; 50/60 Гц

*- СКО – среднеквадратическая ошибка.

** Корень квадратный из суммы квадратов.

под № 26716-04. Данное испытательное оборудование предоставляет широкие возможности и большую производительность для имитации сигналов при тестировании навигационной аппаратуры спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS/SBAS.

Имитационные блоки STR4760 и STR4780 скомбинированы для формирования интегрированной испытательной платформы ГНСС с общим контроллером.

Генераторы сигналов имеют патентованную архитектуру, которая устраняет дрейф, связанный с аналоговым методом устранения шума квантования псевдодальности, возникающего в некоторых цифровых схемах. В результате обеспечиваются высокая точность и разрешающая способность.

Мощное специальное программное обеспечение SimGEN для Windows имеет в своем составе модели, которые работают в режиме реального времени, формируя сигналы группировок спутников (до 24 спутников ГЛОНАСС, до 32 спутников GPS, до 8 спутников SBAS) с учетом спутниковых ошибок, атмосферных задержек и искажений сигналов и характеристик антенны приемника. Программное обеспечение использует эти модели в соответствии со временем и датой, определенными пользователем, и географическим положением, которое изменяется вследствие движения приемника с 6 степенями свободы. SimGEN также включает блок, который обеспечивает сбор, обработку и выдачу данных от имитатора и приемников, оборудованных выходом в соответствии со стандартом NMEA-0183.

В 2011 году официальным дистрибьютором ведущего мирового поставщика систем для испытаний навигационного оборудования SPIRENT Communications (Великобритания) компанией SYRUS SYSTEMS (Россия) была проведена модернизация программно-аппаратного комплекса имитатора сигналов ГЛОНАСС и GPS от SPIRENT Communications (STR4760, STR4780). В табл. 1 и 2 приведены основные характеристики испытательного оборудования [3].

В результате замены электронных компонентов имитационных блоков ГЛОНАСС/GPS, установки современной высокопроизводительной специализированной

ПЭВМ и специального программного обеспечения SimGEN на базе операционной системы Windows XP в испытательном оборудовании появились следующие усовершенствования:

- существенное упрощение процедуры получения файлов больших размеров и массивов с траекториями подвижных объектов (автомобиль, самолет и т. п.), а также траекториями движения навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС и GPS;
- упрощение процедуры использования актуальных альманахов и эфемерид ГЛОНАСС и GPS для воспроизводства на имитаторе «реального» навигационного поля;
- визуализация и контроль в режиме реального времени выполнения имитируемых сценариев:

- перемещение космических аппаратов ГЛОНАСС и GPS в верхней полусфере;
 - перемещение моделируемого объекта на фоне карты мира;
 - визуализация тангажа и крена моделируемого объекта;
 - отображение данных высотомера, спидометра и т. п.;
 - формирование сигналов широкозонных систем SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS) с оптимизацией сигнального уровня;
 - скорректированная модель антенной решетки;
 - добавление режима оповещения о возможных ошибках в связи с изменением температурного режима;
 - улучшение алгоритма вычисления фазовых характеристик сигналов;
 - реализация независимого включения ведущего и ведомого имитатора с целью отдельной имитации сигналов спутниковых систем;
 - добавление коррекции в утилиту калибровки;
 - устранение ошибок генерации спутниковых переключений;
 - реализация коррекции дефекта фазы сигнала GPS;
 - реализация коррекции ухода спутниковых часов;
 - расширение возможностей моделирования движения космических аппаратов;
 - расширение возможностей моделирования вращающихся объектов;
 - модернизация модели созвездия ГЛОНАСС и GPS;
 - реализация записи NMEA-протокола для ГЛОНАСС и GPS;
 - реализация влияния солнечных и лунных эффектов на данные сигналов ГЛОНАСС;
 - реализация возможности коррекции ошибок от каждого спутника;
 - реализация коррекции RTCM-сообщений;
 - реализация моделей многолучевости для автомобильных транспортных средств;
 - улучшение разрешения карты мира;
 - реализация большого набора формируемых шумов.
- Модернизация имитатора сигналов ГЛОНАСС и GPS фирмы SPIRENT Communications существенно увеличила возможности проведения исследований и испытаний приемников спутниковых навигационных сигналов на базе «Испытательной лаборатории средств измерений военного назначения навигационной и геодезической аппаратуры потребителей импульсно-фазовых радионавигационных систем и систем ГЛОНАСС/GPS «Интернавигация-ТЕСТ». Использование высокопроизводительной специализированной ПЭВМ значительно сократило время обработки и анализа полученных навигационных данных. Дружественный интерфейс специального программного обеспечения SimGEN для Windows XP позволил в максимальной степени использовать мощные, но при этом гибкие возможности моделирования сценариев для широкого спектра имитационных приложений и максимально упростил работу с испытательным оборудованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев Ю. А., Царев В. М., Коровин А. В., Устюжанин Д. А. Развитие глобальных навигационных спутниковых систем и широкозонных функциональных дополнений. Радиотехника, 2009, № 7.
2. Руководство по эксплуатации программного обеспечения SimGEN. Программное обеспечение для серии продуктов имитации спутниковой навигации SPIRENT, 2010.
3. Руководство по эксплуатации аппаратной части генератора сигналов. Аппаратные платформы для навигационных имитаторов серии SPIRENT, 2010.
4. Материалы сайта <http://spirent.ru/spirent/about/>
5. Материалы сайта <http://positioningtechnology.ru/support/test/>
6. Материалы сайта <http://www.syrus.ru/>



УДК 621.396.96

ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ: НАДЕЖНОСТЬ И УЯЗВИМОСТЬ¹

В реферате приведены результаты исследования Королевской инженерной академии Великобритании, опубликованные в марте 2011 г. Исследование содержит анализ путей развития глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и угроз их функционированию. Даются рекомендации, направленные на повышение устойчивости навигационного и координатно-временного обеспечения (КВО)

Ключевые слова: ГАЛИЛЕО, ГЛОНАСС, ГНСС, КВО, надежность, уязвимость, COMPASS, eLoran, Loran-C, GPS.

GLOBAL NAVIGATION SPACE SYSTEMS: RELIANCE AND VULNERABILITIES

The synopsis presents the results of an analysis made by the Royal Academy of Engineering (UK) published in March, 2011, that shows the trends of the development of the global navigation satellite systems (GNSS) and the challenges. Recommendations are given to improve robustness of the PNT services

Исследование проведено по инициативе сотрудников Королевской инженерной академии. Цель исследования: анализ возможностей ГНСС, зависимость экономик от них, причины и последствия отказов, пути решения.

В современном мире расширение связей и укрепление кооперации влекут за собой усиление зависимости от координатно-временного обеспечения. Свободный и бесплатный доступ к ресурсам глобальной системы позиционирования (GPS) и других систем ГНСС привел к значительной и постоянно растущей зависимости экономики от средств ГНСС. Применение ГНСС вышло далеко за рамки навигации и постоянно расширяется. Однако ГНСС не обладают достаточной надежностью для всего круга применений во всех трех своих составляющих: средствах космического базирования, наземных комплексах управления и аппаратуре потребителя. При этом отличные от ГНСС системы резервирования и поддержки зачастую отсутствуют или недостаточно поддерживаются и эксплуатируются.

Тревожным сигналом для специалистов Академии стал отчет Генеральной счетной палаты США, опубликованный в мае 2009 г., из которого следовало, что ВВС США будут испытывать трудности с финансированием GPS и инвестициями в новые запуски спутников.

В исследовании приведена цитата из отчета Европейской Комиссии Европарламенту и Совету Европы по среднесрочному анализу европейских спутниковых радионавигационных программ от 18 января 2011 г.: «По оценкам, от спутниковой радионавигации

зависит 6...7% ВВП в странах Запада, то есть 800 млрд. евро в Европейском Союзе». При развертывании Галилео многие угрозы сохранятся. Закрытие станций Loran-C в США усугубило озабоченность специалистов.

В ходе исследования были рассмотрены пути развития ГНСС в части спутникового сегмента, приемников и круга потребителей. Оценивались локальные и глобальные угрозы ГНСС.

Вначале дан краткий анализ систем ГНСС: GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО и COMPASS, и их функциональных дополнений. По оценке специалистов, в ближайшие пять лет появится дополнительно до 100 спутников. Приемники станут работать по многим системам, однако есть опасение, что при этом наличие большого количества сигналов повысит уровень шума и снизит устойчивость к помехам.

Авторы приводят следующий перечень областей применения ГНСС: транспорт (железнодорожный и шоссейный, авиационный, морской, речной, наземный, велосипеды, пешеходы), сельское хозяйство, рыболовство, на службе закона, управление дальними перевозками, обслуживание уязвимых категорий граждан, производство и распределение энергии, разведка и изыскания, дренажные работы, службы здоровья, финансовые службы, информационные службы, картография, мониторинг безопасности, наука и экологические исследования, поиск и спасение, телекоммуникации, сопровождение транспортных средств и ценных и опасных грузов, криптография и др. Некоторые

¹ Реферат исследования Королевской инженерной академии Великобритании

из этих применений критичны с точки жизнеобеспечения, однако предсказать сложные взаимодействия всех аспектов ГНСС-зависимых областей не представляется возможным; поэтому невозможно просчитать последствия потери сигналов ГНСС. Необходимы инвестиции в анализ путей повышения надежности или в поиск других источников данных КВО.

В разделе «Уязвимость служб ГНСС» дан анализ источников ошибок всех сегментов ГНСС, естественных и искусственных помех и воздействий.

В разделе «Устойчивость к срыву функционирования служб ГНСС» авторы упоминают известные системы навигации и местоопределения, из которых положительно отмечают eLogan, и отрицательно – местоопределение с помощью мобильной телефонии, радио- и телепередатчиков, которые не проектировались для триангуляции и имеют нестабильную рабочую зону. Рассматриваются разные виды кварцевых генераторов и их характеристики временной стабильности. Рассматриваются известные методы снижения уязвимости, однако авторы настаивают на том, что на высоких широтах (Великобритания) солнечная активность оказывает сильное отрицательное влияние на характеристики ГНСС, возможен эффект Каррингтона (сверхсильный космический шторм), когда доступность снижается или пропадает на много дней (хотя это возможно раз в столетие). Отмечается также, что воздействие ионосферы многократно усиливается при наличии случайных или преднамеренных помех. Этот эффект можно ослабить, пользуясь сигналами из разных группировок спутников. Потерю навигации можно компенсировать с помощью глубокой интеграции ГНСС и инерциальных систем. Авторы сообщают о действующих в Великобритании программах исследования воздействия помех ГНСС и Logan-C, на территории страны.

ВЫВОДЫ

1. Зависимость КВО от ГНСС велика и постоянно растет.
2. GPS, ГАЛИЛЕО, ГЛОНАСС и COMPASS страдают уязвимостью и подвержены воздействию всех видов ошибок, помех и воздействий.
3. Растет риск воздействия преднамеренных помех.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В критичных службах оценка рисков должна быть включена в регистры, риски должны постоянно корректироваться и эффективно компенсироваться

2. Национальные и региональные службы борьбы с чрезвычайными ситуациями должны анализировать зависимости от ГНСС и соответственно снижать риски.
3. Службы, зависимые от ГНСС в части КВО, должны документировать и объяснять планы действий при отказах ГНСС (например, при продолжительности 10 минут, 2 часа, 5 дней, 1 месяц и т.д.).

ПОЛИТИЧЕСКОЕ РЕАГИРОВАНИЕ

1. Продажа постановщиков помех ГНСС уже запрещена в ЕС по директиве об электромагнитной совместимости (ЭМС). В Великобритании действуют законы и процедуры запрета работы с такими средствами.
2. Правительству нужно инициировать анализ преимуществ и выгод создания сети мониторинга и оповещения потребителей о нарушениях работы ГНСС.
3. Кабинет должен рассмотреть возможность проведения официальных испытаний воздействия помех на службы ГНСС, чтобы потребители ознакомились с системой оповещения и оценили воздействие от потери ГНСС.
4. Широко развернутые службы антиугона и сбора дорожных платежей должны использовать конструкторские решения, при которых мало или полностью отсутствует влияние постановки помех сигналам ГНСС, что столь же важно и для других служб.
5. Доступность и качество КВО становятся вопросом национальной безопасности, учитывая его влияние на связь, финансы, МЧС и всю национальную инфраструктуру.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ

1. Развертывание широко доступной службы КВО, альтернативной ГНСС, является важной составляющей национальной инфраструктуры. Она должна использоваться бесплатно и экономически рационально внедряться в гражданские приемники ГНСС и. Кроме того, она должна обладать дополнительными преимуществами, например, доступностью внутри зданий и в «слепых» точках ГНСС. В этой роли авторы видят eLogan.
2. Комитету технической стратегии и Совету по исследованиям инженерно-физических наук рекомендуется рассмотреть возможность и выгоды создания программы НИОКР по совершенствованию антенн и приемников, которые смогут повысить устойчивость систем, не зависящих от ГНСС.

Реферат подготовлен Е.Г. Цикаловой



СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ КА ГЛОНАСС

НА 02.09.2011 г.

(по анализу альманаха от 19:00 02.09.09 (UTC) и текущих эфемеридных сообщений, принятых в ИАЦ)

№ точки	№ пл.	№ лит.	НКУ	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Факт. суц. (мес.)	Пригодность КА по сообщениям		Примечание
								альманаха	эфемерид (UTC)	
1	1	01	730	14.12.09	30.01.10		20.6	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
2	1	-4	728	25.12.08	20.01.09		32.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
3	2*	-6	715	25.12.06	03.04.07		56.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
4	3*	-5	701	26.02.11			6.2	-	- 19:1402.09.11	На этапе ЛИ
5	1	01	734	14.12.09	10.01.10		20.6	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
6	1	-4	733	14.12.09	24.01.10		20.6	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
7	1	05	712	26.12.04	07.10.05		80.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
8	1	06	729	25.12.08	12.02.09		32.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
9	2	-2	736	02.09.10	04.10.10		12.0	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
10	2	-7	717	25.12.06	03.04.07		56.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
11	2	00	723	25.12.07	22.01.08		44.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
12	2	-1	737	02.09.10	12.10.10		12.0	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
13	2	-2	721	25.12.07	08.02.08		44.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
14	2	-7	722	25.12.07	25.01.08		44.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН на частоте L1
15	2	00	716	25.12.06	12.10.07		56.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
16	2	-1	738	02.09.10	11.10.10		12.0	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
17	3	04	714	25.12.05	31.08.06		68.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
18	3	-3	724	25.09.08	26.10.08		35.2	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
19	3	03	720	26.10.07	25.11.07		46.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
20	3	02	719	26.10.07	27.11.07		46.3	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
21	3	04	725	25.09.08	05.11.08		35.2	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
22	3	-3	731	02.03.10	28.03.10		18.0	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
23	3	03	732	02.03.10	28.03.10		18.0	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
24	3	02	727	02.03.10	28.03.10		18.0	+	+ 19:3702.09.11	Используется по ЦН
3	1		718	25.12.08	17.01.09	08.09.10	32.3			КА на исслед. Гл. конструктора
17	3		726	26.10.07	04.12.07	29.11.10	46.3			КА на исслед. Гл. конструктора
22	3			25.09.08	13.11.08	31.08.09	35.2			КА на исслед. Гл. конструктора

Всего в составе ОГ ГЛОНАСС 27 КА. Используются по целевому назначению 23 КА. На этапе ввода в систему 1 КА. Временно выведены на техобслуживание 3 КА. <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GLONASS/>

СОСТОЯНИЕ ГРУППИРОВКИ GPS НА 09.06.11 г. по анализу альманаха, принятого в ИАЦ

№ пл.	№ точки	ПСП	Номер NORAD	Тип КА	Дата запуска	Дата ввода в систему	Дата вывода из системы	Акт. сущ. (мес)	Примечания
А	1	9	22700	II-A	26.06.93	20.07.93		216.2	
	2	31	29486	II-R-M	25.09.06	13.10.06		58.6	
	3	8	25030	II-A	06.11.97	18.12.97		163.6	
	4	7	32711	II-R-M	15.03.08	24.03.08		41.3	
	6	27	22108	II-A	09.09.92	30.09.92	10.08.11	225.8	Временно выведен
В	1	16	27663	II-R	29.01.03	18.02.03		102.2	
	2	25	36585	II-F	28.05.10	27.08.10		12.2	
	3	28	26407	II-R	16.07.00	17.08.00		132.6	
	4	12	29601	II-R-M	17.11.06	13.12.06		56.5	
	5	30	22779	II-A	30.08.93	28.09.93		183.6	
	6	1	34661	II-R-M	24.03.09				На этапе ввода в эксплуатацию
С	1	29	32384	II-R-M	20.12.07	02.01.08		44.0	
	2	3	23833	II-A	28.03.96	09.04.96		183.4	
	3	19	28190	II-R	20.03.04	05.04.04		88.8	
	4	17	28874	II-R-M	26.09.05	13.11.05		68.4	
	5	6	23027	II-A	10.03.94	28.03.94		208.4	
D	1	2	28474	II-R	06.11.04	22.11.04		81.2	
	2	11	25933	II-R	07.10.99	03.01.00		140.0	
	3	21	27704	II-R	31.03.03	12.04.03		100.6	
	4	4	22877	II-A	26.10.93	22.11.93		213.3	
	5	24	21552	II-A	04.07.91	30.08.91		236.6	
E	1	20	26360	II-R	11.05.00	01.06.00		134.9	
	2	22	28129	II-R	21.12.03	12.01.04		91.7	
	3	5	35752	II-R-M	17.08.09	27.08.09		24.2	
	4	18	26690	II-R	30.01.01	15.02.01		126.4	
	5	32	20959	II-A	26.11.90	10.12.90		200.2	
	6	10	23953	II-A	16.07.96	15.08.96		179.6	
F	1	14	26605	II-R	10.11.00	10.12.00		128.7	
	2	15	32260	II-R-M	17.10.07	31.10.07		46.1	
	3	13	24876	II-R	23.07.97	31.01.98		162.9	
	4	23	28362	II-R	23.06.04	09.07.04		85.7	
	5	26	22014	II-A	07.07.92	23.07.92		229.1	

Всего в составе ОГ GPS 32 КА. Используются по целевому назначению 30 КА. На этапе ввода в эксплуатацию 1 КА. Временно выведен на техобслуживание 1 КА. <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GPS/>

Китай запустил новый геосинхронный спутник Compass

10 апреля 2011 года ранним воскресным утром с полигона Xichang (Xichang Satellite Launch Center) на юго-западе провинции Сичуань (Sichuan) Китая ракетой-носителем Long March-3A был запущен восьмой спутник навигационной системы «Beidou-2» или Compass. В следующие два года предстоит дальнейшие запуски спутников с целью завершения развертывания региональной системы. Система должна обеспечивать навигацию и высокоточное местоопределение, в том числе в промышленности, на транспорте, в связи,

метеорологии, картографировании и в других областях Азиатско-Тихоокеанского региона.

Предполагается, что система Compass станет глобальной после 2020 года.

http://news.xinhuanet.com/english2010/sci/2011-04/10/c_13821174.htm

Индийский спутник GSAT-8 системы GAGAN достиг геосинхронной орбиты

Индийский спутник GSAT-8 системы GAGAN, запущенный 21 мая 2011 г., достиг геосинхронной орбиты с периодом 23 ч 45 мин. Перигей орбиты 35543 км,

апогей 35770 км, наклонение плоскости орбиты к плоскости экватора 0,04°. Солнечные батареи, размещенные по обе стороны корпуса, следят за Солнцем, генерируют электроэнергию и работают нормально. Они должны вырабатывать мощность 6240 Вт. Две больших двояных антенных решетки (dual grid) Ку-диапазона раскрыты и направлены на Землю.

В момент этого сообщения спутник находился в точке 47° в.д. и переводился к месту постоянного положения на геостационарной орбите в точке 55° в.д., где он будет размещен «совместно» со спутником INSAT-3E.

Испытания на орбите 24 ретрансляторов Ку-диапазона запланировано начать 1 июня, а готовность спутника к работе ожидается через месяц. Испытания навигационной части системы GAGAN будут проводиться из нового Навигационного центра управления в Кунданахали (Kundanahalli) вблизи Бангалора.

<http://www.gpsworld.com/gnss-system/augmentation-assistance/news/indias-gsat-8-satellite-placed-geosynchronous-orbit-1167625.05.2011>

Бразильский приемник GPS, ГЛОНАСС и Galileo

Бразильская компания GEO TAG Engenharia объявила о выпуске RTK ГНСС-приёмника GEO TAG MT.Pro. Приёмник построен на базе двух чипов Maxwell 6 от Trimble и способен принимать сигналы точной навигации от спутниковых группировок GPS, ГЛОНАСС и Galileo. Приёмник MT.Pro создан для профессионального применения в сфере морской и сухопутной навигации, строительства, машинного управления, сельского хозяйства и мониторинга инфраструктуры.

http://www.gps-club.ru/gps_news/detail.php?ID=67406

<http://www.federalspace.ru/main.php?id=3&nid=17333>

Путин пообещал завершить создание группировки ГЛОНАСС до конца года

До конца 2011 года количество действующих спутников, входящих в состав орбитальной группировки ГЛОНАСС, будет доведено до 24. Такое заявление сделал премьер-министр России Владимир Путин. Его слова цитирует «Интерфакс».

Когда на орбите будут работать 24 спутника, покрытие системы ГЛОНАСС охватит весь земной шар. Сейчас по назначению используются 23 спутника. Еще один аппарат вводится в строй и три спутника временно выведены из системы на техобслуживание.

Программа создания орбитальной группировки ГЛОНАСС была сорвана из-за аварийного запуска трех спутников 5 декабря 2010 года. Ракета-носитель «Протон-М» не вышла на заданную орбиту, и все три аппарата упали в Тихий океан. Проведенное расследование выявило, что причиной аварии стала ошибка в формуле для расчета необходимого количества топлива для разгонного блока «ДМ-03».

<http://www.lenta.ru/news/2011/06/20/glonass24/>

Роскосмос попросил 402 миллиарда рублей на ГЛОНАСС

Роскосмос объявил, что содержание и развитие навигационной системы ГЛОНАСС в период с 2011 по 2020 годы обойдется в 402 миллиарда рублей. Об этом со ссылкой на слова главы Федерального космического агентства Владимира Поповкина сообщает «Интерфакс». «Сейчас завершается формирование Федеральной целевой программы ГЛОНАСС. Мы просим на эту программу 402 миллиарда рублей до 2020 года», — приводит агентство слова Поповкина. Он также добавил, что, среди прочего, деньги пойдут на разработку карт для навигаторов, а также дополнений к аппаратуре потребителей, «которые сделают систему ГЛОНАСС более привлекательной».

В настоящее время параметры финансирования обсуждаются с Минфином и Минэкономразвития. Сообщается, что деньги для космической программы будут тратиться в том числе и из региональных бюджетов. Кроме этого Поповкин добавил, что государство в настоящее время удовлетворило практически все заявки Роскосмоса на финансирование.

Новая федеральная целевая программа станет уже второй, созданной для финансирования ГЛОНАСС. Действие первой, «Глобальная навигационная система», заканчивается в этом году. Суммарный бюджет финансирования программы, которая длилась с 2001 по 2011 годы, составил 117 миллиардов рублей при фактическом финансировании (по данным на апрель 2011 года) — 98,3 миллиарда рублей.

Реальные затраты на систему могут оказаться выше — в 2008 году, еще будучи президентом, Владимир Путин обещал выделить на скорейшее завершение работ по программе 67 миллиардов рублей. Кроме того, в период с 2009 по 2011 годы Роскосмосу должны были дать 200 миллиардов рублей, часть из которых нужно было потратить на развитие навигационной системы.

Несмотря на финансирование, по результатам проверки Счетной палаты РФ в мае 2011 года заявленные в Федеральной целевой программе работы были выполнены всего лишь на треть. 20 июня 2011 года Владимир Путин заявил, что количество работающих спутников ГЛОНАСС на орбите к концу года достигнет 24. При этом премьер добавил, что после этого система охватит весь земной шар. Ранее говорилось, что для стабильной работы навигационной системы в любой точке земного шара необходимо наличие 30 работающих аппаратов.

Разработка системы ГЛОНАСС ведется с 80-х годов прошлого века. В 1990-х годах программа была заморожена, однако, интерес к ней снова возник с начала 2000-х. Тогда программа была переведена из военной в разряд программ двойного назначения (то есть и военного и гражданского). В настоящее время в группировке 23 работающих спутника.

<http://www.lenta.ru/news/2011/06/21/glonass/>

Примечание редакции: Первый спутник «Глонасс» был запущен в октябре 1982 года. С учетом этого следует полагать, что работы по системе были начаты существенно раньше.

К Указу Президента Республики Беларусь № 260 от 21 июня 2011 г.

Президент Республики Беларусь Александр Лукашенко 21 июня 2011 г. подписал Указ № 260 «О навигационной деятельности», которым установлены правовые отношения между органами государственного управления, разработчиками, производителями и пользователями навигационных ресурсов, а также регламентирован постоянный контроль государства за деятельностью по производству, эксплуатации и модернизации навигационных систем. Положение о навигационной деятельности, утвержденное Указом, разработано в целях создания условий для обеспечения потребностей государственных органов, иных организаций, физических лиц в средствах навигации и услугах в сфере навигационной деятельности. Им также определены правовые и организационные основы для осуществления навигационной деятельности.

Для реализации положений Указа Советом Министров Республики Беларусь будет организовано исполнение государственной политики в сфере навигационной деятельности для обеспечения обороны и безопасности. Также будет обеспечено создание, эксплуатация и развитие Единой системы навигационно-временного обеспечения в интересах национальной экономики, обороны и безопасности; утвержден порядок оснащения средствами навигации объектов навигационной деятельности для повышения эффективности управления движением транспортных средств, уровня безопасности перевозок пассажиров, специальных и опасных грузов.

Государственным военно-промышленным комитетом будет организована государственная регистрация навигационных систем — элементов Единой системы навигационно-временного обеспечения; обеспечена разработка государственных целевых и научно-технических программ в сфере навигационной деятельности, организации проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в указанной сфере; созданы условия для привлечения отечественных и зарубежных инвестиций, совершенствования механизма разработок и реализации проектов в сфере навигационной деятельности.

<http://president.gov.by/press121706.html>

Немецкий прибор ориентации по звездам установят на спутник «Глонавс-М»

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени Решетнева» (ИСС) подписало соглашение о поставке прибора ориентации по звездам фирмы Jena Optronik (Германия) на российский спутник «Глонавс-М», говорится в сообщении ИСС.

Соглашение подписали генеральный конструктор и генеральный директор ИСС Николай Тестоедов и глава Jena Optronik Дитмар Ратцш в ходе 49-го международного авиасалона в Ле Бурже (Франция).

Согласно документу, немецкая организация на безвозмездной основе поставит решетневской фирме прибор Astro APS, предназначенный для определения

ориентации спутника относительно других космических объектов. Кроме того, Jena Optronik предоставит специалистам ИСС необходимое испытательное оборудование для наземной экспериментальной отработки, говорится в сообщении.

ИСС в рамках соглашения отвечает за проведение интеграции и запуска прибора в составе одного из космических аппаратов «Глонавс-М», а также предоставление разработчикам информации о его работе в космосе.

<http://www.rian.ru/science/20110622/391611020.html>

http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=12722.06.2011

Опубликован Федеральный радионавигационный план США 2010 года

На сайте http://www.navcen.uscg.gov/pdf/2010_FRP_FINAL_Signed.pdf Навигационного центра Береговой охраны США представлен Федеральный радионавигационный план США 2010 года (2010 Federal Radionavigation Plan). План подписан Министром транспорта 20.12.2010 г., Министром внутренней безопасности 29.03.2011 г. и Министром обороны США 15.04.2011 г. Он является официальным документом для изложения положений политики и планирования правительства США в области координатно-временного и навигационного обеспечения КВНО (positioning, navigation, and timing, PNT).

План включает: введение, содержащее общие положения; разделы, определяющие роль КВНО и ответственность различных ведомств, политику в области КВНО, оперативные планы и национальную архитектуру КВНО. В приложения вынесены описания основных показателей и конкретных характеристик радионавигационных систем, информационных служб КВНО, а также геодезических систем и данных.

План опубликован Министерством обороны, внутренней безопасности и транспорта США и доступен в Национальной технической информационной службе (The National Technical Information Service, Springfield, Virginia 22161, DOT-VNTSC-RITA-08-02/DoD-4650.05).

http://www.navcen.uscg.gov/pdf/2010_FRP_FINAL_Signed.pdf 23.06.2011

Николай Тестоедов о новой стратегии запуска спутников ГЛОНАСС

Генеральный конструктор и генеральный директор компании «Информационные спутниковые системы» Николай Тестоедов признал, что спутники ГЛОНАСС включались в орбитальную группировку на этапе летно-конструкторских испытаний. В результате проявлялись недоработки, не дававшие системе космического позиционирования нормально функционировать. Но скоро ситуация кардинально изменится.

Проект новой федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система (2011–2020)»

предусматривает меры по устойчивому поддержанию состава орбитальной группировки ГЛОНАСС. Об этом заявил на авиасалоне в Ле Бурже генеральный конструктор — генеральный директор компании «Информационные спутниковые системы» (ИСС, г. Железнодорожный, Московская область) Николай Тестоедов.

По его словам, «в ней очень правильно и технически грамотно сформулирован подход к разработке космического аппарата (КА) нового поколения «Глонасс-К».

До нынешнего года на орбиту запускали спутники «Глонасс-М». Из-за недостатка средств их приходилось сразу включать в состав группировки. Уже здесь, работая по назначению, они проходили летно-конструкторские испытания. «При этом, конечно, группировка терпела некоторые ущербы, поскольку аппараты на этапе летных испытаний проявляли отдельные неисправности и соответственно не обеспечивали полноценную группировку. В проекте новой программы предусмотрены средства на проведение полноценных летно-конструкторских испытаний аппаратов «Глонасс-К», и первые четыре аппарата предусмотрены для проверки всех конструкторских, технических и иных решений», — сказал Николай Тестоедов информанту Интерфакс.

Однако первый аппарат «Глонасс-К», как и его предшественники, тоже оказался включен в группировку на этапе летно-конструкторских испытаний. После аварийного старта трех КА «Глонасс-М» 5 декабря 2010 года, упавших в океан, его старт был перенес с декабря 2010 года на 26 февраля 2011 года. В течение двух лет он должен был проходить летные испытания. Но уже в мае оказался включен в спутниковую группировку ГЛОНАСС в экспериментальном режиме: чтобы хоть частично компенсировать отсутствие трех утонувших «Глонасс-М».

В декабре нынешнего года с космодрома «Плесецк» будет запущен еще один «Глонасс-К». Также в режиме летно-конструкторских испытаний. А для поддержания группировки будут по-прежнему использоваться аппараты предыдущего поколения «Глонасс-М». В 2011 году их запустят три, столько же в 2012 году, а в 2013–2014 годах предположительно еще 11, как выразился Николай Тестоедов.

По результатам испытаний двух экземпляров «Глонасс-К» будет закончена разработка более совершенных спутников «Глонасс-К2» со сроком жизни 10 лет. Два этих усовершенствованных аппарата запустят в 2013–2014 годах. И тоже в режиме летно-конструкторских испытаний. А в 2015 году уже на их основе войдут в строй спутники «Глонасс-КМ».

Новая федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система (2011–2020)» должна быть принята в декабре нынешнего года. Если действующая сейчас ФЦП направлена на формирование орбитальной группировки ГЛОНАСС, то следующая программа уже ориентирована на массовое внедрение навигационных услуг на ее основе. Для того чтобы количество

действующих спутников орбитальной группировки ГЛОНАСС не опускалось менее 24, в системе будет предусмотрено еще шесть резервных навигационных спутников.

2011-06-24 / Виктор Мясников
Независимое военное обозрение

http://www.ng.ru/politics/2011-06-24/1_glonass.html

Спутник QZSS Michibiki доступен для использования. Первое уведомление для пользователей NAQU выпущено

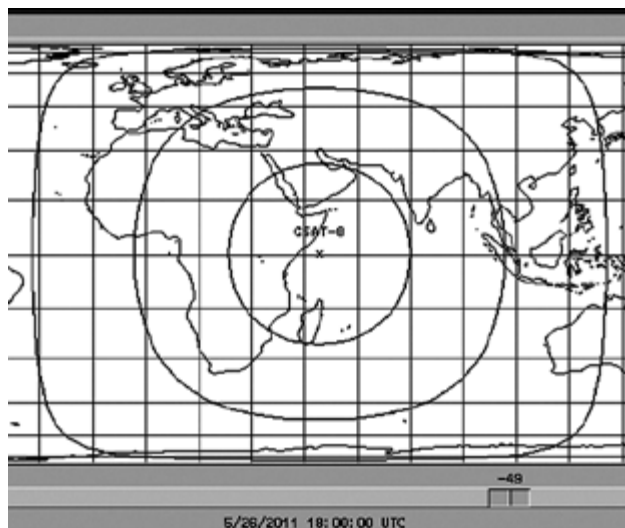
Японское космическое исследовательское агентство (Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA) объявило о том, что спутник Квазизенитной спутниковой системы (QZSS) Michibiki доступен для использования. Об этом было сообщено в соответствующем пресс-релизе и в Уведомлении для пользователей QZSS (NAQU). NAQU построено также как Уведомление для пользователей (NAGU) GPS.

В NAQU сообщается о доступности только сигналов L1/C/A L2C. Сообщение о доступности сигналов L1C и L5 будет выпущено JAXA только после подтверждения их соответствия интерфейсным спецификациям QZSS. Все указанные сигналы используют код PRN номер 193. Сигнал регионального дополнения субметровой точности L1-SAIF (Submeter-class Augmentation with Integrity Function) использует код PRN номер 183; он пока используется в тестовом режиме. В таком же режиме используется экспериментальный сигнал LEX с центральной частотой 1278,75 МГц и кодом PRN 193.

Подробнее на web site QZSS: <http://qz-vision.jaxa.jp/USE/en/index>

<http://www.gpsworld.com/gnss-system/augmentation-assistance/news/qzss-satellite-michibiki-set-usable-first-naqu-issued-1181724.06.2011>

Руководство аэропортов Индии заявило о том, что спутник GSAT-8 находится в заданной позиции



Руководство аэропортов Индии (Airports Authority of India) заявило о том, что спутник GSAT-8 широкозонной дифференциальной подсистемы GAGAN (GPS And Geo Augmented Navigation), разрабатываемой по заказу Индийской космической исследовательской организации (Indian Space Research Organization), переведен на заданную геостационарную орбиту с точкой стояния 55° в.д.

Запуск спутника был осуществлен 21 мая 2011 года. В настоящее время GAGAN проходит стадию сертификации, которая может продлиться до июня 2013 года.

<http://www.insidegnss.com/node/266526.06.2011>

Заключительный отчет рабочей группы FCC

Выпущен Заключительный отчет Технической рабочей группы Федеральной комиссии по связи США (Federal Communications Commission, FCC), рассматривающей вопросы вредного влияния наземных средств мобильной связи 4-го поколения LTE фирмы LightSquared (частота ~1545 МГц) на приемники GPS (частота 1575 МГц).

Основные результаты отчета:

- наземные средства LightSquared будут оказывать вредное влияние почти на все приемники GPS и использующие GPS приложения;
- увеличение фильтрации в приемниках GPS не может считаться достаточно эффективным; во-первых, отсутствуют необходимые фильтры; если бы такие фильтры были, они бы оказывали неблагоприятное воздействие на прием сигналов GPS; кроме того, эта мера не была бы действенной для сотен миллионов существующих потребителей GPS;
- единственным решением является удаление средств LightSquared из L диапазона.

<http://www.gpsworld.com/gnss-system/news/final-report-fcc-working-group-lose-lightsquared-l-band-118486.07.2011>

GNSS приемник OEM615 фирмы NovAtel меньше бизнес-карты



Фирма NovAtel разработала для точного местопредопределения GNSS приемник OEM615 размером 46×71×11 мм и весом 24 г. Приемник должен принимать сигналы существующих и разрабатываемых

спутниковых навигационных систем (GPS, ГЛОНАСС, Galileo и Compass). В настоящее время приемник, имея 120 динамических каналов, в состоянии принимать сигналы только GPS + ГЛОНАСС L1/L2. В дальнейшем приемник будет доработан для приема сигналов действующих систем.

GNSS приемник OEM615 приспособлен для использования на беспилотных объектах, а также при решении аэрокосмических и оборонных задач.

<http://www.gpsworld.com/professional-oem/news/oem615-gnss-receiver-novatel-smaller-business-card-1188815.07.2011>

Россия запустит в 2011 году еще шесть спутников «Глонасс»

Россия до конца 2011 года запланировала вывести на орбиту шесть навигационных космических аппаратов «Глонасс», в том числе один модернизированный «Глонасс-К», сообщил в воскресенье заместитель руководителя Роскосмоса Анатолий Шилов. «В конце августа будет запущен спутник «Глонасс-М», в октябре пойдут еще три «Глонасса-М», — сказал он «Интерфаксу». Шилов добавил, что в ноябре на орбиту отправят еще один «Глонасс-М». «В конце декабря планируется запуск второго «Глонасса-К». Первый проходит летные испытания», — отметил он. По его словам, при запуске тройки «Глонассов-М» будет использоваться разгонный блок «Бриз-М», а не разгонный блок ДМ-03, виновный в прошлогодней аварии. «Еще не завершены операции, связанные с подтверждением готовности ДМ-03 к полетам», — пояснил заместитель руководителя Роскосмоса. На вопрос, есть ли будущее у разгонного блока ДМ-03, он ответил так: «Обязательно, конечно. Будет решение, с чем он полетит первый раз после аварии, но оно до сих пор не принято. Будет ли это коммерческий или государственный спутник, пока не определено».

Источник: <http://vz.ru/news/2011/7/17/507842.html>

http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=132

О влиянии оборудования LightSquared на спутниковые системы

Федеральная комиссия по связи США (Federal Communications Commission, FCC) будет принимать отзывы общественности о помехах LightSquared системе GPS до 30 июля и будет отвечать на эти отзывы до 15 августа 2011 года. После этого будет формироваться соответствующее решение.

Отметим, что этому предшествовали многочисленные обращения специалистов (Javad, Trimble и др.), выражающие обеспокоенность по поводу судьбы GPS вследствие выявленных помех оборудования LightSquared приемникам GPS.

<http://www.gpsworld.com/gnss-system/news/get-a-move-on-july-30-deadline-fccightsquared-comments-1189518.07.2011>

Второй спутник GPS Block II-F успешно запущен. Изменения в группировке космических аппаратов GPS

ВВС США успешно запустили второй спутник GPS Block II-F SVN-63. Спутник запущен ракетой-носителем Delta IV 16 июля с космодрома Cape Canaveral, Florida. Это второй космический аппарат (КА) из заказанных ВВС США фирме Boeing 12 спутников. Boeing, изготовитель спутников, сообщает, что сигналы КА уже принимаются.



Запущенный спутник будет работать в составе существующего созвездия в плоскости D, точка 2A, заменяя КА SVN-24, который успешно проработал почти 20 лет. Ожидается, что запущенный спутник будет доступен потребителям в следующем месяце.

<http://www.gpsworld.com/gnss-system/gps-modernization/news/second-gps-block-ii-f-satellite-successfully-launched-1189118.07.2011>

Прекращена работа навигационного КА GPS PRN30 (Блок II-A).

Прекращена работа навигационного КА GPS PRN30 (Блок II-A). Аппарат был запущен 12.09.96 г. и проработал на орбите более 14 лет.

Источник: <http://www.celstrak.com/GPS/NANU/2011/nanu.2011048.txt>

http://www.glonass-ianc.rsa.ru/content/news/?ELEMENT_ID=13420.07.2011

Европейцы выражают беспокойство по вопросу влияния оборудования LightSquared на спутниковые системы Европы

Европейские специалисты через Европейскую комиссию (ЕК) выражают беспокойство по вопросу влияния оборудования мобильной связи 4-го

поколения LTE LightSquared на спутниковые системы Galileo и EGNOS. Считается, что это оборудование может создавать помехи приемникам Galileo в диапазоне L1 на расстояниях от 100 м до 1000 км. Считается также, что оно будет создавать помехи и широкозонной дифференциальной подсистеме EGNOS, передающей корректирующую информацию в диапазоне L1.

<http://www.insidegnss.com/node/269220.07.2011>

Китай объявил об успешном запуске девятого спутника Compass/BeiDou-2

Китай запустил очередной спутник спутниковой навигационной системы Compass/BeiDou-2 в 5ч 44 мин утра 27 июля (временной пояс Сычуань). Это девятый космический аппарат (КА) спутниковой системы и 4-й спутник, запущенный на геосинхронную орбиту. Как сообщил вебсайт Compass (www.beidou.gov.cn), спутник запущен с помощью ракеты-носителя Long March-3A. Система Compass/BeiDou-2 будет состоять из 35 КА. Официальные лица от Руководства гражданской авиации Китая сообщили, что гражданские воздушные суда, использующие GPS, будут переведены на использование Compass/BeiDou-2.

<http://www.insidegnss.com/node/2712>

Российских десантников оснастят системой ГЛОНАСС

Воздушно-десантные войска России в перспективе оснастят всю технику и каждого военнослужащего глобальной навигационной системой ГЛОНАСС. Об этом, как сообщает РИА Новости, заявил командующий ВДВ Владимир Шаманов. По его словам, системой ГЛОНАСС в первую очередь будут укомплектованы все образцы военной техники. Когда именно начнет использоваться система, пока неизвестно.

По словам Шаманова, с внедрением системы ГЛОНАСС повысится эффективность и управляемость войск. В частности, командиры смогут на электронных картах увидеть точное местоположение своих подчиненных; на картах также будут отображаться и выполняемые бойцами задачи. Ранее начальник штаба ВДВ генерал-лейтенант Николай Игнатов заявил, что с введением электронных карт обычные топографические карты по-прежнему будут применяться военными.

Как ожидается, в перспективе Министерство обороны России оснастит все образцы военной техники, стоящей на вооружении страны, системой ГЛОНАСС. В настоящее время, эта система в вооруженных силах не распространена. В частности, она используется на модернизированных штурмовиках Су-25СМ, фронтовых бомбардировщиках Су-34 и некоторых других самолетах.

Россия занимается разработкой системы ГЛОНАСС с конца 1980-х годов. В 1990-х годах проект был заморожен, а возобновлен уже в начале 2000-х. Программа начинала разрабатываться исключительно в военных целях, однако сейчас она имеет статус двойного назначения. В настоящее время в спутниковой группировке

ГЛОНАСС – 23 работающих спутника. После завершения формирования системы позиционирование ГЛОНАСС будет охватывать весь земной шар.

<http://www.lenta.ru/news/2011/08/02/lonass/>

Примечание редакции: Первый спутник «Глонасс» был запущен в октябре 1982 года. С учетом этого следует полагать, что работы по системе были начаты существенно раньше.

По данным <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GLONASS/CumulativeAvailability.php>

Интегральная доступность составляет по России 100,0%, а глобально 99,4%.

Ракета-носитель «Протон» выведет на орбиту три спутника «Инмарсат»

Представители компании Inmarsat SA, одного из подразделений британского оператора спутниковой связи Inmarsat pls (LSE:ISAT.L), и International Launch Services Inc. подписали контракт на запуск трех спутников связи Inmarsat –5 («Инмарсат-5») с помощью ракеты-носителя «Протон». Об этом говорится в пространном 01 апреля сообщении пресс-службы Inmarsat. Запуски трех спутников Inmarsat пятого поколения, которые построит компания Boeing, планируется осуществить в 2013–14 гг. с космодрома Байконур. Космические аппараты составят основу развертываемой сейчас компанией Inmarsat системы связи Global Xpress («Глобал Икспресс»), которая должна обеспечить глобальное покрытие широкополосной мобильной связью.

Компания Interantional Launch Services Inc. (ILS) была зарегистрирована в 1995 году в США. Штаб квартира ILS расположена в г. Рестон, штат Виржиния. ILS имеет эксклюзивное право на маркетинг на мировом рынке российской ракеты-носителя тяжелого класса «Протон». С мая 2008 года контрольный пакет акций в ILS принадлежит ФГУП «Государственный космический научно-производственный центр имени М. В. Хруничева», который является разработчиком и изготовителем РН «Протон» и разгонного блока «Бриз-М».

Пресс-служба ГКНПЦ имени М. В. Хруничева

<http://www.federalspace.ru/main.php?id=2&nid=1765102.08.2011>

Роскосмос сократил проектное финансирование ГЛОНАСС

Роскосмос урезал финансирование программы ГЛОНАСС, сообщают «Известия» со ссылкой на собственный источник в космической отрасли. Согласно новому варианту программы, в ближайшие 9 лет на содержание и развитие спутниковой системы планируется потратить 249 миллиардов рублей. Новый бюджет ожидает одобрения Минэкономразвития.

Самый первый проект Федеральной целевой программы ГЛОНАСС, появившийся в ноябре 2010 года, предполагал финансирование в объеме 543,6 миллиарда рублей. Этот проект не прошел одобрение Минэкономразвития, и в январе появился урезанный

вариант с бюджетом в 462,2 миллиарда рублей, который тоже не прошел. Еще одна попытка добиться финансирования состоялась в июне 2011 года, когда была озвучена цифра в 402 миллиарда рублей. «Наиболее чувствительно то, что сокращены расходы на все элементы космической системы ГЛОНАСС, что не позволит обеспечить конкурентоспособность и паритет с другими навигационными системами на период до 2020 года. Утверждение программы с параметрами 249,421 миллиарда рублей означает фиксацию достигнутых на сегодня характеристик системы, это худший вариант из возможных» – приводят «Известия» слова одного из авторов проекта финансирования заместителя гендиректора ЦНИИМаша Сергея Ревнивых. Примечательно, что по данным источника «Известий», новый бюджет также может не пройти одобрение в Минэкономразвития. Дело в том, что в министерстве настаивают на том, что расходы на систему ГЛОНАСС в ближайшие годы не превосходили расходы в 2011 году, которые составляли 19,3 миллиарда рублей. В свою очередь в новом проекте на 2012 год заложены расходы в размере 20,5 миллиарда рублей.

Новая федеральная целевая программа, проект которой сейчас пытается согласовать Роскосмос, станет уже второй в истории создания спутниковой системы. Действие первой, «Глобальная навигационная система», заканчивается в 2011 году. Суммарный бюджет финансирования программы, которая длилась с 2001 по 2011 годы, составил 117 миллиардов рублей при фактическом финансировании (по данным на апрель 2011 года) – 98,3 миллиарда рублей.

Разработка «отечественного аналога GPS» ведется с 80-х годов прошлого века. В 90-х годах программа была заморожена, однако в начале 2000-х интерес к ней снова появился. Тогда же программа была переведена из военной в разряд программ двойного назначения (то есть и военного и гражданского).

<http://lenta.ru/news/2011/08/09/lonass1/>

Примечание редакции: Первый спутник «Глонасс» был запущен в октябре 1982 года. С учетом этого следует полагать, что работы по системе были начаты существенно раньше.

Из интервью руководителя Роскосмоса В. А. Поповкина газете «Коммерсантъ»

Вопрос: До конца этого года планируется завершить формирование всей системы ГЛОНАСС. Когда будут ближайшие запуски?

– Ближайший запуск будет совершен в августе с космодрома Плесецк, затем планируется еще один одиночный пуск. В октябре групповой запуск еще трех аппаратов ГЛОНАСС-М при помощи ракеты-носителя «Протон», а в самом конце года будет запущен один аппарат нового поколения – ГЛОНАСС-К. В текущем году планируется довести группировку до полного состава и начать процедуру сертификации в международных организациях. Делается это для того, чтобы

реализовать решение руководства нашей страны о бесплатном предоставлении ГЛОНАСС всему мировому сообществу. Но для того, чтобы оно могло использовать наши наработки, его надо сертифицировать в ряде организаций. Что мы и делаем.

Вопрос: После неудачного запуска тройки спутников ГЛОНАСС-М в декабре 2010 года из эксплуатации был выведен разгонный блок ДМ-03. Вы собираетесь вводить его снова в строй?

— ДМ-03 — это новый разгонный блок, хотя, по сути дела, это основа старого блока с заменой элементной базы. После неудачного запуска аппаратов ГЛОНАСС не только было выяснено, почему при заправке перелили топливо. Было проанализировано, как вообще велась его отработка. И после скрупулезного анализа подготовлен целый комплекс мероприятий по его доводке. Правильно утверждают в поговорке: обжегшись на молоке, дуют и на воду. Необходимо, чтобы его показатели надежности соответствовали предъявляемым требованиям. Когда план по доводке будет выполнен, тогда этот блок и будет использоваться дальше. По всей видимости, он будет исполнен либо до конца этого года, либо в первом квартале следующего. А пока октябрьский ГЛОНАСС-М полетит на разгонном блоке «Бриз». Кстати, этот пример подтверждает, что должна быть инвариантность. Ведь если бы разгонный блок ДМ-03 был единственным и незаменимым, то мы бы сейчас просто стояли со всей космической программой, с ракетами «Протон», коммерцией, военными спутниками, которые должны запускать.

<http://www.federalsspace.ru/main.php?id=2&nid=1769011.08.2011>

ГЛОНАСС миллиметровой точности. Уже готова аппаратура, способная принять сигналы 120 спутников одновременно

Одним из главных инновационных проектов в России, способным стать локомотивом развития страны, выступает глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. О ее состоянии и путях дальнейшего развития читателям «Независимого военного обозрения» в интервью Виктору МЯСНИКОВУ рассказывает генеральный директор — генеральный конструктор корпорации «Российские космические системы», генеральный конструктор ГЛОНАСС **Юрий Матэвич УРЛИЧИЧ**.

— *Юрий Матэвич, в нынешнем году завершится создание спутниковой группировки ГЛОНАСС. Но ведь это вовсе не значит, что на этом ее развитие закончилось. В условиях технического прогресса система ГЛОНАСС неизбежно обязана выходить на новый уровень, приобретать новые качества. Каким вам видится дальнейшее развитие ГЛОНАСС?*

— Вы абсолютно правильно сказали, что система должна развиваться. Разработаны предложения по развитию ГЛОНАСС, которые прошли обсуждение в Правительстве и сейчас на их основе создается федеральная целевая программа «Поддержание,

развитие и использование системы ГЛОНАСС» на 2012–2020 годы. Пока идет многостороннее обсуждение по вопросу, какое бюджетное финансирование будет выделено под нее, какие внебюджетные деньги будут привлечены. И, соответственно, с какой интенсивностью будет развиваться система ГЛОНАСС. Есть несколько путей — более инновационный, менее инновационный, но все зависит от того бюджетных ассигнований. Сейчас заказчиков несколько. Я имею в виду министерства и ведомства. Облик федеральной целевой программы определяют не только традиционные заказчики — Роскосмос и Минобороны России, но и Минпромторг, Росреестр, Минтранс России, МЧС и МВД России. От их общей позиции будет зависеть облик системы в целом. Я имею в виду не только орбитальную группировку, но и наземную составляющую. Ради чего, собственно говоря, мы все и работаем.

Отдельный вопрос — это международное сотрудничество. Здесь мы понимаем, что нам предстоит многое сделать. Потому что сейчас все видят: орбитальная группировка ГЛОНАСС обеспечивает практически полную глобальную доступность навигационных услуг. Есть лишь небольшие перерывы в навигационном обслуживании в районе экватора. Реально их никто не чувствует, потому что корабли не так часто ходят там. Плюс наше конкурентное преимущество — у нас практически вся гражданская навигационная аппаратура делается двухсистемной ГЛОНАСС/GPS. Соответственно, при каких-то затенениях одной или другой орбитальной группировки, что может быть вызвано рельефом местности, деревьями, высотными зданиями, мы получаем гарантированное решение навигационной задачи. Это позволяет говорить, что в использовании ГЛОНАСС есть преимущества, которыми ряд стран, конечно же, захочет воспользоваться. Сейчас эти вопросы решаются с Латинской Америкой, с Индией и многими другими странами. А Белоруссия, Казахстан, Украина и Российская Федерация подписали соглашение о фактически едином информационном навигационном пространстве. То есть мы будем решать задачи, в том числе и высокоточного определения, надежно на территории всех этих государств.

— *Это означает, что наземные коррекционно-дифференциальные станции системы ГЛОНАСС шагнут за пределы России?*

— Действительно система дифференциальной коррекции и мониторинга располагает контрольно-корректирующими станциями, которые в первую очередь находятся на территории РФ. Так как проще всего за границей РФ такие станции поставить в Антарктиде. В соответствии с Договором об Антарктике от 1959 года, который предусматривает ее использование в исключительно мирных целях и предполагает открытость для научных исследований, мы смогли поставить на «шестом континенте» две станции. Они уже функционируют. Предполагается, что будут развернуты еще две станции. Одна — в рамках 57 Российской

Антарктической Экспедиции, которая начнется в ноябре этого года. И мы будем смотреть, как у нас станут развиваться отношения с другими странами, которые должны позволить у себя разместить такие гражданские станции. В первую очередь это Австралия, ряд стран Южной Америки. И если это произойдет, мы сможем четвертую станцию в Антарктиде не ставить. Если же эти страны откажутся, мы поставим четвертую станцию в Антарктиде. Конечно, условия там, с точки зрения географического расположения и условий приема сигналов космических аппаратов ГЛОНАСС идеальны. Но с точки зрения пребывания и содержания аппаратуры — экстремальные. Если бы не политические трудности, мы бы еще два года назад разместили наше оборудование на Кубе и в Австралии и, скажем, в Никарагуа или в Южной Африке. Но переговоры — вещь сложная. Что это размещение нам даст? Это даст нам возможность с помощью наземной системы постоянно осуществлять мониторинг всех спутников. И в случае какой-то нештатной работы немедленно доводить потребителю, что тот или иной спутник не обеспечивает необходимой точности. Помимо этого, конечно же, функция системы дифференциальной коррекции и мониторинга — дать так называемые дифференциальные поправки, которые помогут с точностью до метра знать потребителю свои координаты. Причем с запуском таких космических аппаратов, как «Луч-5А» и «Луч-5Б», мы сможем давать потребителю поправки из космоса фактически на ту же аппаратуру, поскольку спутники на тех же частотах вещают. Единственное, что нужно, чтобы приемник программно мог обработать эту информацию.

— *Спутник «Луч-5А» на геостационарной орбите будет работать в интересах потребителей в европейской части России. Каковы перспективы потребителей в Сибири и на Дальнем Востоке?*

— В составе орбитальной группировки системы дифференциальной коррекции и мониторинга будет три космических аппарата, которые обеспечат доставку потребителям корректирующей информации на большей части территории нашей страны за исключением полярных районов. Потребители в европейской части страны смогут воспользоваться данной услугой уже зимой. Мы и сейчас можем с помощью других систем связи доставлять такую информацию. Космические аппараты дифференциальной коррекции и мониторинга, выведенные на геостационарную орбиту, просто обеспечивают удобство потому, что вы имеете спутниковую антенну, которая на тех же частотах принимает сигнал. Вам нужна только его программная обработка. Вам не нужен отдельно Интернет, волоконные линии связи, 3G, «вай-фай» и прочее.

Необходимо отметить, что для достижения точности навигационных определений 2...3 см потребителю необходимо использовать региональные или локальные дифференциальные системы. Принцип действия данных систем основан на относительных определениях, т. е. мы имеем одну или несколько базовых станций,

абсолютные координаты которых известны и привязаны к национальной системе координат. Потребитель может производить высокоточное определение своих координат относительно данных базовых станций, а затем вычислить свое абсолютное местоположение, используя абсолютные координаты базовых станций. Это все дает возможность говорить, что система навигации глобальна вот с такими уточняющими системами. Они позволяют получать те точности, которые нужны сегодня в строительстве, в мониторинге особо сложных инженерных сооружений, такая точность достаточна для большинства геодезических работ.

— *Значит, точность определения координат в системе ГЛОНАСС таким способом можно доводить до сантиметров и миллиметров?*

— До сантиметров. Для получения миллиметровой точности необходимо применение специальных алгоритмов обработки, и чтобы расстояние до базовой станции составляло не более 3...5 км. Это позволяет определять смещения и колебания плотин, мостов и других сложных инженерных сооружений. Более того, с помощью ГЛОНАСС можно определить амплитуды колебаний на резонансных частотах сооружений с точностью долей миллиметра в реальном времени. У нас есть такая аппаратура.

— *Уже наступила эпоха сепаратистских войн с беспилотной техникой, высокоточным оружием. Какова роль системы ГЛОНАСС в сфере военной безопасности?*

— Практически во всей военной технике и экипировке бойца она будет применяться. Я в этом глубоко убежден. Как без связи, так и без навигации современные войны вестись не могут. Можно говорить, что для спецподразделений в тылу противника какое-то время связь должна отсутствовать, чтобы не демаскировать. Но навигационный сигнал они все равно будут принимать, чтобы знать, где находятся, что изменилось вокруг. И вы знаете, что эти связные каналы все равно работают на приеме информации. Поэтому генерал Владимир Шаманов недавно объявлял, что это дойдет буквально до каждого бойца. Мы убеждены, что вся подвижная техника должна иметь привязку по глобальной навигационной системе. Во всяком случае, российская. Многие страны понимают, что на одной системе находиться плохо, и смотрят, как внедрять в свои армии две системы. Вы знаете, что объединенная Европа строит систему «Галилео», Китай строит COMPASS/Beidou. И они, конечно же, будут стараться применять их для своей техники, и не только для гражданской. Мир устроен так, что мысли приходят параллельно, и сейчас объединение связных, управляющих, навигационных систем с искусственным интеллектом дает возможность решать задачи с помощью роботов. И появляются самолеты-беспилотники, вертолеты-беспилотники, роботы-спасатели. И даже робот-медик, который, как предполагают заказчики его разработки в США, должен несколько часов обеспечивать жизнь раненого бойца, эвакуировать его с поля боя. Появляются различные стрелковые

системы, которые без участия человека могут работать. Но без навигации, сами понимаете, всем им просто не обойтись. Иначе, куда стрелять, где ты находишься, не определишь. Причем надо знать все время меняющиеся координаты. Сейчас армия оснащается и будет оснащаться не только аппаратурой, которая ставится на бронетехнику или в экипировку бойца, но и дифференциально-корректирующими станциями, которые повышают точность использования аппаратуры.

— *Новый навигационный спутник «Глонасс-К» впервые передает сигналы на трех частотах, причем на третьей частоте с кодовым разделением. Это тоже в интересах безопасности страны?*

— Да, действительно, сигнал на третьей частоте передается с кодовым разделением и предназначен для гражданского использования в отличие от ранее применявшегося и морально устаревшего способа частотного применения сигналов. Мы с вами приходим к тому, что появятся системы, которые будут наращивать сигналы с кодовым разделением для гражданских и военных нужд. Но это определит опять же заказчик в рамках ФЦП.

— *С учетом будущего увеличения количества национальных спутников и навигационных сигналов, получится, надо уже разрабатывать чипсет, способный одновременно принимать сигналы 50–100 космических аппаратов?*

— Могу сказать, что фирма Trimble и наше совместное с ней предприятие «Руснавгеосеть», занимающееся созданием систем высокоточного позиционирования, уже сделали аппаратуру на 400 каналов и даже больше. В обычном геодезическом приемнике 440 каналов! Хочу сказать, что наши зарубежные партнеры начали нас спрашивать, а зачем так много? Действительно, у них 200–250, а у нас — целых 440. Давайте посчитаем. Возьмем, например, типичный навигационный спутник. У него задействовано сразу 5 каналов — три диапазона L1, L2, L5, еще два для дальномерных последовательностей. Нужны каналы и для дифференциальных коррекций, и для широкополосных систем типа Omnistar. А ведь есть еще резервирование.

В общем, если все учесть, получается, что одновременно можно увидеть около 40–50 навигационных спутников. Много ли это. Сегодня потребителю доступны только американская система GPS и российская ГЛОНАСС, позволяющие принимать сигналы от 20 космических аппаратов. Но мы рассчитываем, что в ближайшее время будут развернуты навигационные системы объединенной Европы и Китая и тогда 440 каналов будут не излишеством, а необходимостью для качественной работы.

— *Сообщалось, что Федеральную целевую программу «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» (2012–2020) планируют принять в декабре?*

— В целом она уже готова. Надеюсь, что ее все же примут в ближайшее время.

http://nvo.ng.ru/armament/2011-08-12/7_glonass.html
12.08.2011

Подготовка космического аппарата «Глонасс-М» к запуску осуществляется в соответствии с графиком

На космодроме Плесецк продолжают плановые работы по подготовке к запуску космического аппарата «Глонасс-М». Сегодня космический аппарат «Глонасс-М» был состыкован с разгонным блоком «Фрегат». Запуск космического аппарата «Глонасс-М» планируется выполнить ракетой-носителем «Союз-2.1б» с разгонным блоком «Фрегат» 25 августа 2011 года.

Пресс-служба Роскосмоса 16.08.2011.

<http://www.federal.space.ru/main.php?id=2&nid=17722>

Радиус Земли оказался почти постоянным

Ученые из Лаборатории реактивного движения NASA установили, что радиус Земли практически не меняется со временем. Статья ученых появилась в журнале *Geophysical Research Letters*, а ее краткое изложение приводится в пресс-релизе Американского космического агентства. В XIX веке гипотеза об изменении радиуса Земли использовалась для объяснения возникновения океанов и гор. В 60-х годах прошлого века окончательно сформировалась и заняла доминирующую позицию в научном мире теория движения тектонических плит, которая позволила объяснить особенности земного рельефа, не прибегая к расширению и сжатию планеты. До последнего времени многие исследователи не исключали, что радиус Земли может колебаться. Среди прочего, подобные колебания вносили бы погрешность в вычисления относительно Международной земной системы отсчета (ITRF — International Terrestrial Reference Frame) — системы координат, принятой в 1991 году, центр которой располагается в центре масс Земли.

В рамках нового исследования специалисты из Лаборатории реактивного движения создали подробную модель движения объектов на поверхности планеты, используя данные, полученные при помощи спутниковых наблюдений. В результате оказалось, что, если радиус Земли и меняется, то скорость этого изменения составляет менее 0,1 миллиметра в год. По утверждению ученых, при расчетах подобными изменениями можно пренебречь.

<http://www.lenta.ru/news/2011/08/17/earth/>

Запуск спутника «ГЛОНАСС» отложили до сентября

Запуск ракеты-носителя «Союз-2.1б» со спутником «ГЛОНАСС-М» на борту, который должен был состояться с космодрома Плесецк 26 августа 2011 года, перенесен на начало сентября. Об этом сообщают РИА Новости со ссылкой на командующего космическими войсками Олега Остапенко. Запуски ракет-носителей «Союз» были приостановлены Роскосмосом утром 25 августа 2011 года после аварии грузовика «Прогресс», которая произошла днем ранее. Несмотря на это, в течение дня сообщалось, что запуск спутников

состоится, поскольку «Союз-2.1Б» прошла все проверки (включая дополнительный контроль экстренно созданной Роскосмосом комиссией). Кроме этого подчеркивалось, что эта ракета «принципиально отличается» от «Союза-У», который выводил на орбиту «Прогресс». Трехступенчатая ракета «Союз-У» появилась в результате модификации «Союза» (который был наследником ракеты-носителя «Восток») в 1973 году. По данным на 13 июля 2011 года, было совершено 768 пусков этих ракет, из которых только 20 неудачных. В свою очередь семейство «Союз-2» является результатом дальнейшей модернизации «Союза-У» — первый пуск ракеты этого семейства состоялся в 2004 году.

Ракета с «Прогрессом М-12М» на борту стартовала с космодрома Байконур 24 августа 2011 года. На 325-й секунде полета в двигательной установке третьей

ступени были зарегистрированы неполадки и она прекратила работу. В результате «Прогресс» не отстыковался и вместе с третьей ступенью упал в республике Алтай. В настоящее время ведется поиск обломков аппарата. По предварительным данным топливо, которое было на борту грузовика (гептил — крайне токсичное вещество), сгорело в атмосфере.

По результатам произошедшего, Роскосмос создал сразу несколько комиссий, которые занялись расследованием произошедшего и проверкой уже готовых ракет программы «Союз» и «Прогресс». Также была организована рабочая группа, которая на постоянной основе займется проверкой соответствия созданных в космической отрасли аппаратов требованиям конструкторской документации.

<http://www.lenta.ru/news/2011/08/25/perenos/>



ОБОРУДОВАНИЕ НАВИГАЦИИ, ПОСАДКИ, НАБЛЮДЕНИЯ И УВД НА МАКС-2011

МАКС-2011

Международный авиакосмический салон (МАКС-2011) прошел в г. Жуковском с 16 по 21 августа 2011 года. Как обычно, на стоянке представлена экспозиция Объединенной авиастроительной корпорации. Среди экспонатов можно было увидеть российские многоцелевые современные истребители Су-35, МиГ-35, Су-30 МК2, а также новинку отечественной авиапромышленности – самолет «Сухой суперджет-100». В летной программе впервые принял участие российский истребитель пятого поколения – перспективный авиационный комплекс фронтовой авиации (ПАК ФА) Т-50.

Военно-воздушные силы РФ представили полный набор военных самолетов и вертолетов на статической стоянке: Ту-160, А-50, Ту-95, Су-27 СМ, МиГ-29СМТ, Су-24М, Су-25СМ, Су-34, МиГ-31Б, Як-130, вертолеты Ка-52, Ми-26, Ми-8 МТВ-5, Ми-28. Представили широкую линейку военных и гражданских вертолетов и «Вертолеты России».

ВВС Франции продемонстрировали в летной программе истребители Рафаль. В этом году вновь, после 4-летнего перерыва, в Салоне приняли участие самолеты Военно-воздушных сил США. На статической стоянке были представлены ветеран В-52, военнотранспортный самолет С-5А SuperGalaxy, штурмовики А-10, самолет КС-10, истребители F-16, F-15.

В гражданской экспозиции следует отметить самый большой в мире пассажирский самолет Airbus А-380 и только проходящий испытания Boeing 787 «Dreamliner», Ан-124, Ту-204СМ, Ту-214, Ил-96–400, Ан-158 и др.

Оборудование навигации, посадки, наблюдения и УВД на Международном авиакосмическом салоне было представлено в основном образцами продукции отечественных производителей.

Автономное инерциальное и гироскопическое оборудование экспонировалось рядом предприятий. Так, ОАО «Раменский приборостроительный завод» (РПЗ) представило а в различной степени готовности платформу инерциальную навигационную систему ИНС-2000 с точностью (2s) 3,7 км/ч, бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС): БИНС-СП-1 и БИНС-СП-2 на кольцевых лазерных гироскопах (КЛГ) своего производства массой 16 кг с точностями (2s) соответственно 3,7 км/ч и 1,85 км за час полета для перспективных военных ЛА, а также аналогичную БИНС БИМС-Т для гражданских воздушных судов, недавно успешно подтвердившую

в летных испытаниях точность (2s) 3,7 км за каждый час полета и 37 км за 10 часов. РПЗ представил также материалы по динамически настраиваемым гироскопам ГВК-16, ГВК-18, МГ-4, о 2-степенном лазерном гироскопе М-40, кольцевом лазере КЛ-3, лазерном гироскопе ГЛ-1 и др.

ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро» (РПКБ) и ЗАО «ИТТ» выставили лазерную инерциальную навигационную систему ЛИНС-100РС (совместная разработка с Sagem), упомянутую выше ИНС-2000, микромеханическую БИНС-ММ, систему бесплатформенной курсовертикали СБКВ-2В, а также ряд инерциальных датчиков.

ОАО «Концерн «Авионика» представило материалы по создаваемой БИНС-05 с точностью определения координат 0,93 км за час полета со встроенным блоком приемника спутниковых радионавигационных систем (СРНС) и точностью коррекции лучше 11 м. Масса всего оборудования (с антенной) не более 15 кг. Концерн также представил Унифицированную навигационно-вычислительную систему «УНВС», в комплект поставки которой входит БИНС-05 и многофункциональный вычислитель БЦВМ-50.

ЗАО «Научно-производственный комплекс «Электрооптика» представило информацию по системам инерциальной навигации БИНС-1М массой не более 13 кг и точностью 1 км, 1,85 км и 5,5 км за час в зависимости от точностных характеристик датчиков, БИНС-2М массой не более 8 кг с точностью 1,85 км и 5,5 км за час также в зависимости от точностных характеристик датчиков, БИНС-ТП для топопривязки массой 24 кг с погрешностью приращения плановых координат не более 4 м/мин, БИНС-2Ф с повышенной устойчивостью к воздействию внешних факторов для беспилотных ЛА с большой продолжительностью полета (масса 10 кг, точность 1500 м за час полета, 2s). Эта техника создается на базе кварцевых маятниковых акселерометров ВА-2, ВА-3 и цифровых лазерных гироскопов ГЛ-1Д (0,005°/ч, s) и ГЛ-2Д (0,01°/ч, s).

К этим работам примыкает создаваемая астроинерциальная навигационная система широкого применения (самолеты, вертолеты, морские и речные суда и др.) ЗАО «ЭЛСИ» (Великий Новгород) с габаритами и массой астроинерциального блока 400 500 мм и 56 кг соответственно и с точностью (s) счисления координат 20 угл. с (600 м), определения истинного курса 30 угл. с, крена и тангажа – 20 угл. с.

ФГУП «НПЦАП им. академика Н. А. Пилюгина» представило инерциально-астро-спутниковую (ГЛОНАСС+GPS) систему навигации и ориентации для космических средств выведения.

ООО «Текнол» продемонстрировало Автономное пилотажно-навигационное средство ПНС-А, БИНС на волоконно-оптических гироскопах отечественного производства и кварцевых акселерометрах «БИНС-Тек» для наземного транспортного средства с коррекцией от спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS (точность 5 м, s) и одометрического датчика (точность 0,25% от пройденного пути), малогабаритную интегрированную систему КомпаНав-2М и миниатюрную интегрированную систему КомпаНав-3 на микроэлектромеханических чувствительных элементах (MEMS) с коррекцией от ГЛОНАСС/GPS массой 0,7 и 0,25 кг соответственно, гироскопвертикаль на MEMS КомпаНав-4 (с магнитометром) массой 1,8 кг, работающую неограниченное время без коррекции от СРНС, инерциальную навигационную систему на MEMS чувствительных элементах массой 2 кг с точностью (s) в чисто автономном режиме 3,7 км за час и в режиме коррекции от СВС 1,85...2,8 км за час полета.

ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ЦЭНКИ) представило материалы по микромеханическому вибрационному гироскопу КИНД.408111.248 со случайной составляющей (s) ухода 50°/ч и гироскопический измеритель вектора угловой скорости КИНД34–062 на базе волоконно-оптических гироскопов массой 1,8 кг со случайной составляющей ухода ±0,5°/ч.

Аэрметрическое оборудование для измерения воздушно-скоростных параметров было представлено продукцией **ОАО «Аэроприбор-Восход»**: цифровыми системами воздушных сигналов для самолетов – «СВС 2Ц-2, сер. 2», «СВС 2Ц-2, сер. 3», «СВС 2Ц-У2», «СВС-96», для вертолетов – «СВСВ-1», блоком воздушных сигналов самолетных систем БВС-СС и др.

Радиотехническое оборудование ближней навигации, посадки, наблюдения и управления воздушным движением (УВД) экспонировалось Всероссийским научно-исследовательским институтом радиоаппаратуры (**ОАО «ВНИИРА»**) из Санкт-Петербурга. Так, была представлена бортовая аппаратура (БА) ближней навигации и посадки РСБН-85, РСБН-85В, микроволновой системы посадки MLS-85, радиодальномер СД-75М, самолетный малогабаритный ответчик СО-96, бортовой радиотехнический комплекс ближней навигации и захода на посадку А-380МС для самолетов МиГ-29К и МиГ-29КУБ, а также – аналогичный комплекс А-380МКЭ для вертолета Ка-31.

ЗАО «ВНИИРА-Навигатор» экспонировало материалы по системе раннего предупреждения близости земли «СРПБЗ» и малогабаритной системе наблюдения за воздушной обстановкой «МСНВО-2010» – бортовому оборудованию системы автоматического зависимого наблюдения на основе S-режима АЗН-В (S).

Федеральный научно-производственный центр «ЦНИИ автоматики и гидравлики» и ОАО «ВНИИРА» представили материалы по Автономной системе ближней радионавигации (АСБРН), обеспечивающей высокоточное (с предельной ошибкой 0,5...1 м) всепогодное измерение дальности до радиомаяков и определение координат с точностью ~0,8...2 м (s). На ее основе разрабатывается система точного захода на посадку ЛА и БЛА, включающая также лазерный высотомер, БИНС и бортовой вычислитель.

Доплеровские измерители скорости-сноса были представлены материалами по ДИССД-В (доплеровский измеритель скорости, угла сноса и высоты для вертолетов средней и малой грузоподъемности) **ОАО «Концерн радиостроения «Вега»** массой не более 13,5 кг, ДИСС-28 для вертолетов **ОАО «Завод «Радиоприбор»** (Санкт-Петербург) массой 12,5 кг, ДИСС Д001 для самолетов также **ОАО «Завод «Радиоприбор»** массой 12,5 кг. Эти измерители являются развитием предшествующей техники. При этом удалось снизить массу аппаратуры примерно в два раза, а также существенно повысить ее надежность.

ОАО «Уральское проектно-конструкторское бюро «Деталь» представило материалы по семейству **радиовысотомеров (РВ)**: А-037 для легких самолетов и вертолетов, А-040 для ДПЛА, А-052 для вертолетов, А-053 – для авиации общего назначения, импульсный РВ А-055 – для ДПЛА (масса 0,8 кг), А-075 с измерением больших и малых высот для самолетов, А-075-02М и А-076М для измерения высоты и путевой скорости полета самолетов и вертолетов, импульсный РВ А-098 – для пилотируемых ЛА (диапазон высот от 0 до 8000 м), малогабаритный РВ «Родонит» с высокой устойчивостью к помехам и внешним воздействиям для ЛА всех типов, малогабаритный РВ «Селенит» для ДПЛА и малых ЛА (масса 1,5 кг). Представлены также материалы по ракетным РВ: РВЭ-Б, А-045Э, А-069А, А-079Э, РВ для ПКР Ч-35Э, РВ ЗА-81Г, ЗА-81Е-01, К313 и др.

Бортовое оборудование спутниковой и дальней навигации было представлено в основном такими организациями, как **ОАО «МКБ «Компас»**, **ЗАО «КБ навигационных систем»** («Навис»), **ОАО «РИРВ»** и др.

ОАО «МКБ «Компас» экспонировало авиационные приемники спутниковых радионавигационных систем (СРНС) А-737, А-737Д, А-737И (работает и по наземным станциям импульсно-фазовых радионавигационных систем), А-737ДП (ПУИН – пульт-индикатор), А-737 (ПЛ – планшет), ПСН-2001, носимый приемоиндикатор «НПИ», автомобильный навигатор-регистратор (ГЛОНАСС+GPS) «Следопыт-А001М», малогабаритный интегрированный комплекс «МИНК» для определения места и скорости носителя, его угловых скоростей, вектора напряженности магнитного поля Земли и атмосферного давления, аппаратуру сервисного обслуживания, оборудование Локальной дифференциальной системы (ЛДС) СРНС «ОПДИ», устройство контроля состояния и местоположения грузов «Следопыт-Т», спутниковую систему посадки (СП)

вертолета на корабль, ретранслятор сигналов космических навигационных систем «РС КНС» для наземного обслуживания, средства защиты от помех, антенные блоки и др. Наряду со спутниковым оборудованием экспонировались традиционные автоматические радиокомпасы – АРК (АРК-32, АРК-35–1, АРК-40).

Ряд образцов спутниковой аппаратуры был представлен **ЗАО «КБ «Навис»**: бортовые авиационные приемники спутниковой навигации БПСН-2 и БПСН-2–01 для воздушных судов гражданской авиации, принимающие сигналы систем ГЛОНАСС/GPS/SBAS/GBAS, БПСН-2–02 (для систем ГЛОНАСС/GPS/Galileo/SBAS/GBAS), БПСН-2–03 (для систем ГЛОНАСС/GPS/Galileo/SBAS/GBAS с встроенным приемником GBAS), известный приемник СН-4312, навигационная аппаратура ГЛОНАСС/GPS/SBAS СН-99 для высокодинамичных объектов, персональный навигационный приемник ГЛОНАСС/GPS «ОРИОН», Малогабаритная двухантенная угломерная система ГЛОНАСС/GPS, потребительские навигационно-информационные комплекты ПНИК-Т, ПНИК-О и ПНИК-И, системы оперативного регионального мониторинга условий навигации, Бриз-КМ-К – корабельная навигационная аппаратура ГЛОНАСС/GPS/WAAS, Бриз-КМ-РНК – угломерная навигационная аппаратура ГЛОНАСС/GPS/SBAS, СН-5703 – судовая НАП с функциями мониторинга, устройство частотно-временной синхронизации СН-3833, контрольно-корректирующая станция морской дифференциальной подсистемы космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS СН-3803М, СН-3805М – имитатор сигналов СНС ГЛОНАСС/GPS/Galileo и др.

В отличие от МАКС-2009 широкую гамму средств спутниковой навигации представило **ОАО «Российский институт радионавигации и времени» (РИРВ)**. Среди них известный навигационный приемник спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS 1К-161, приемовычислительные модули 1К-181 (с возможностью приема сигналов SBAS), 1К-321 (с возможностью приема сигналов SBAS и Galileo), 2К-363 (двухчастотный с возможностью приема сигналов SBAS), модуль приема корректирующей информации контрольно-корректирующих станций (ККС) в диапазоне частот 283,5–325,0 кГц, модуль импульсно-фазовых радионавигационных систем (ИФРНС) для определения географических координат судна, средства персональной навигации ГЛОНАСС/GPS «Перунит-А», «Перспектива-В», НТ-1813, автомобильный приемник Котлин НТ-101, морские и речные приемники «Аква-М» и «Аква-Борт-12» (с возможностью приема сигналов SBAS и Galileo, ККС в диапазоне частот 283,5–325,0 кГц), навигационная аппаратура потребителей «Интеграция» и «Интеграция-2» (с возможностью приема сигналов SBAS и Galileo, ИФРНС с корректирующей информацией в формате Eurofix, ККС в диапазоне частот 283,5–325,0 кГц).

Геодезическое оборудование РИРВ было представлено портативной многофункциональной геодезической

аппаратурой «Геодезия», двухчастотной геодезической аппаратурой «Изыскание» и «Изыскание-М» с приемниками GSM, высокоточной спутниковой аппаратурой «ГЕО-П» для геодинимических наблюдений, аппаратура геодезической ККС «ГККС», спутниковая многочастотная геодезическая ККС «МГККС», спутниковая базовая станция «СБС-363».

ОАО «РИРВ», как головная организация по системам и средствам единого времени военного и двойного назначения, представило:

- для обеспечения единым высокоточным временем, формирования и выдачи высокостабильных сигналов – цезиевый стандарт частоты «Фианит», рубидиевый стандарт «RFS-2001», Анализатор частоты и временных интервалов АЧВИ, наземные стационарные приемные пункты НСПП и аппаратуру высокоточной взаимной синхронизации «АВВС»;
- для определения координат по сигналам ГЛОНАСС/GPS и формирования собственной шкалы времени (СПВ) – синхронизирующий приемник – антенну «СПА», опорный синхронизирующий приемник «ОСП», приемник синхронизации «ПС-161», а также программу синхронизации UTCSync.

«РИРВ» представил также материалы по передающей станции ИФРНС, а также материалы по ряду вспомогательных устройств.

ЗАО «ВНИИРА-Навигатор» экспонировало материалы по бортовой многофункциональной системе БМС и аппаратуре приема и преобразования дифференциальных данных ССП-2010 (АПДД-2), удовлетворяющим требованиям ИКАО для работы с авиационной дифференциальной подсистемой GBAS ГЛОНАСС/GPS (и в частности, с известной дифференциальной подсистемой посадки НППФ «Спектр» ЛККС-А-2000).

Материалы 32-канального приемника сигналов ГЛОНАСС/GPS/Galileo/COMPASS/SBAS в L1 диапазоне NV08C–CSM с поддержкой режима Assisted GNSS представило предприятие **NVS Навигационные технологии**. Устройство разработано в интересах обеспечения LBS и M2M-приложений, критичных к стоимости и потреблению энергии (<180 мВт в режиме непрерывного слежения по всем ГНС). **ОАО «НИИКП»** продемонстрировало новый персональный приемник ГЛОНАСС/GPS «Грот-М» 14Ц822.

Группа компаний «Азимут» объединяет профильные предприятия по производству **наземного радиоэлектронного оборудования навигации, посадки и наблюдения** в интересах обеспечения полетов авиации всех ведомств. В ее составе ОАО «Азимут» (Москва), ОАО «Производственное объединение «Азимут» (Махачкала), ЗАО «Азимут-Альянс» (Санкт-Петербург), ЗАО «НИИТ-РК» (Челябинск), ЗАО «НИИТ-РТС» (Челябинск), ЗАО «НИИТ – Опытный завод» (Челябинск). Эта группа представила материалы по выпускаемой продукции: азимутальным доплеровским радиомаякам DVOR 2000, дальномерным радиомаякам РМД-90, DME 2000, DME 2700,

азимутальным радиомаякам РМА-90, инструментальным системам посадки СП-200 и ILS 2700, автоматическим радиопеленгаторам DF 2000, приводным радиомаякам РМП-200 и др.

Оборудование комплексирования было экспонировано группой компаний. Так, оно представлено **Концерном «Авиаприборостроение» (Авиаприбор-Холдинг)**. Это, в частности, бортовая вычислительная система (БВС) для выполнения задач навигации и самолетовождения, управления полетом и тягой, индикации и сигнализации и др. Научно-производственное объединение **«Мобильные информационные системы»** концерна представило материалы по Автоматизированному рабочему месту (АРМ) штурмана гражданской авиации, Системе подготовки полетных данных самолета Су-25 УБМ (СППД-25 СМ/УБМ), Многоканальному аэромобильному комплексу сбора и обработки пространственных данных «Наблюдатель-1» и др.

ОАО «НИИ авиационного оборудования» представило Блок вычислительных систем БВС-3000М, вычислители системы самолетовождения ВСС-95-1В и ВСС-300, комплексный пульт радиотехнических средств КПРТС-95М-1, пульт космонавтов «Нептун-МЭ» транспортных кораблей «Союз-ТМА» и «Союз-ТМА-М» и др.

Бортовую вычислительную технику представил также **Научно-технический центр «Модуль»** Бортовой интегральный вычислительный комплекс (БИВК), ЦВМ-12, вычислительный модуль МК17.01 и др.

ОАО «РПКБ» экспонировало семейство БЦВМ «Багет 53», «БЦВМ-486», а также ряд многофункциональных индикаторов пультов-индикаторов (МФИ-10-7, МФИ-35, МФПИ-6, МФПИ-35), коллиматорный широкоформатный индикатор ИКШ-1К, Систему резервных пилотажно-навигационных приборов СРПП-1, Систему подготовки полетных заданий «Индокраз».

ФГУП «ГосНИИ АС» представило Программные средства автоматизированной системы планирования воздушного движения ЕС ОрВД РФ, в том числе Комплекс имитационного моделирования системы ОрВД, Мультимедийную систему виртуальной реконструкции полета, Наземно-бортовую мультимедийную систему контроля и регистрации полетной информации «Карат» (вместе с ОАО «Прибор» ОКБ «Авиаавтоматика», г. Курск, и ОАО «Техприбор», г. Санкт-Петербург).

Технику связей между различным оборудованием на борту летательного аппарата продемонстрировало **ЗАО «Электронная компания «Элкус»**, Санкт-Петербург, в том числе предлагались технические средства (платы интерфейса) для реализации мультиплексного канала межмодульного обмена информацией по ГОСТ Р 52070-2003 (аналога стандарта MIL-DNL-1553B), платы интерфейса для реализации связей по ГОСТ 18977-79 (ARINC 429), средства для связей по протоколу CAN-BUS, средства интерфейса RS232/422/485 и др. Предложены также аксессуары для построения линий передачи информации и приборы для их отладки.

«Центр волоконно-оптических систем передачи информации» (Концерн «Алмаз-Антей») представил средства передачи данных на волоконно-оптических линиях связи (кабель, соединители, модули конверторов, коммутаторов и т. д.), работающие со скоростью ~ 1 Гбод, значительно превышающей скорости передачи данных других линий.

Федеральным космическим агентством, ОАО «Информационные спутниковые системы им. академика М. Ф. Решетнева и ОАО «Российские космические системы» были представлены материалы развития орбитальной группировки спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС, а также информация по космическим аппаратам ГЛОНАСС-М и ГЛОНАСС-К, развитию наземного комплекса управления, аппаратуре потребителей и др. **ОАО «НИИ КП»** представило материалы по совместному использованию ГЛОНАСС и КОСПАС-САРСАТ, авиационным аварийно-спасательным маякам АРМ-496П (П1), АРМ-406АС1, персональному маяку ПАРМ-406А и др.

В целом экспозиция продемонстрировала определенный прогресс в части создания бортовой аппаратуры спутниковой навигации, отечественных БИНС, доплеровских измерителей скорости-сноса, радиовысотомеров, бортовых вычислительных средств.

Промышленность подтвердила способность обеспечивать оборудованием продукцию отечественной авиационной индустрии и смежных областей техники, гражданскую и военную авиацию.

Соловьев Ю. А.



УДК 621.78:525.35

ОБ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ВОЗДУШНОЙ НАВИГАЦИИ (Историко-аналитический обзор)

Г. Ф. Молоканов

В статье рассматривается история развития воздушной навигации с позиции общей теории управления движением

Ключевые слова: Аппарат, аэронавигация, воздушная, движение, корректировка, ЛА, летательный, маршрут, навигация, полет, траектория, управление

ON THE PHASES OF AIR NAVIGATION DEVELOPMENT

(Historical Analytical Review)

G. F. Molokanov

The paper considers the history of development of air navigation from the viewpoint of general motion control theory.

Об авторе: Воздушную навигацию начал изучать в 1938 г. в военном авиационном училище штурманов. С отличием закончил штурманский факультет, адъюнктуру, 20 лет был начальником кафедры самолёт-вождения и 14 лет начальником штурманского факультета Военно-воздушной академии им. Ю. А. Гагарина. В 1949 г защитил кандидатскую, в 1961 г.— докторскую диссертацию. Профессор, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, действительный член Академии навигации и управления движением. В Великую Отечественную войну был помощником главного штурмана воздушной армии по радионавигации. Автор 250 научных работ по проблемам воздушной навигации. Долгие годы тесно сотрудничал со многими учеными и крупными практическими деятелями в этой области, со всеми главными штурманами ВВС. Среди них знаменитый штурман чкаловского экипажа Беляков А. В., флагштурман воздушной экспедиции, высадившейся на Северном полюсе, Спирин И. Т., основатель штурманской службы в нашей стране Стерлигов Б. В.

Воздушная навигация, как и всякая наука в процессе своего развития подвержена дифференциации, когда её разделы обособляются в относительно самостоятельные области знаний, и интеграции, способствующей обогащению за счёт привлечения сведений из других наук, позволяющих расширить круг вопросов и совершенствовать методы решения основных задач. Проследить за развитием науки проще, если выделить основные этапы этого непрерывно протекающего процесса. При определении границ, разделяющих этапы, важно указать признак, который положен в основу перехода от одного этапа развития этой науки к другому.

Для выбора такого признака, обратимся к появившейся в 50-е годы прошлого столетия теории управления движением. В ней изучаются две основные задачи: «(1) задача об определении управляющих сил, которые

переводят динамическую систему в заданное состояние; (2) задача о наблюдении, т. е. задача о вычислении текущих координат движущегося объекта по доступным наблюдениям величинам» [1].

В этой теории рассматриваются два закона управления движением: программный и позиционный (синтез системы с обратной связью). В первом, управление производится по заранее составленной программе без учёта информации, поступающей в ходе процесса приведения объекта в заданное конечное состояние, т. е. коррекция движения не производится. В позиционном, наилучшем законе управления, требуется информация о текущих координатах объекта, т. е. о его позиции. Её получение сводится к проблеме наблюдения движения объекта. Ясно, что чем точнее и полнее (в идеале непрерывное) наблюдение движения объекта, тем лучше управление им. В этой теории подчеркивается математическая общность задач управления и наблюдения.

Если первую задачу ограничить определением не сил, управляющих движением, а только кинематикой процесса, т. е. тем, как наблюдаемое движение надо изменить для приведения объекта в заданное конечное состояние, то нельзя не заметить, что между этой теорией и наукой навигацией много общего. Различие между ними заключается в том, что в навигации движение «привязано» к земле, тогда как в теории управления движением об этом речь не идет.

Исходя из сказанного, представляется логичным в основу определения этапов развития воздушной навигации положить полностью, точность решения задачи наблюдения движения, т. е. определения текущих координат летательного аппарата (ЛА), и кинематические методы расчёта требуемого изменения движения для приведения ЛА в заданное конечное состояние. Именно эти две основные проблемы характеризуют состояние теории и практики воздушной навигации.

Проанализировать, как эти проблемы решались на различных этапах развития воздушной навигации, значит отчётливее увидеть её слабые места и определить пути дальнейшего совершенствования теоретических основ науки и необходимых технических средств наблюдения и управления движением ЛА.

Проследим с этих позиций 100-летию историю развития воздушной навигации, начиная с 1910 года, когда в России стали широко практиковаться маршрутные полёты достаточно большой дальности.

1 этап. На этом этапе задачи навигации решались в рамках естественной способности человека ориентироваться на хорошо известной местности и без всяких приборов передвигаться по ней в нужном направлении. С появлением нового транспортного средства — аэропланов, способных перемещаться в воздухе, улучшились условия обзора местности и для наблюдения движения повысились требования к умению «читать» карту. Проще всего это было делать при движении вдоль линейных ориентиров или вдоль побережья, поэтому так и решались задачи на первом этапе развития воздушной навигации, полностью зависящей от условий визуальной видимости земной поверхности.

Вот как характеризовал практику выполнения в те годы маршрутных полётов выпускник 1921 года первого отряда аэронавигаторов Беляков А. В.

«По маршрутам даже на двухместных самолётах летали только «на глазок»: пользовались исключительно визуальной ориентацией, линию пути выдерживали по линейным ориентирам — железным и шоссейным дорогам, большим рекам, побережью морей, крупным озерам» [2]. Поэтому при подготовке к полётам от лётного состава требовалось умение по памяти на чистом листе бумаги начертить карту местности со всеми характерными ориентирами, особенно линейными.

Из приведенной цитаты видно, что при рождении воздушной навигации для выполнения маршрутного полёта необходимо было и наблюдение движения (визуальное) и управление им путем выполнения требуемого и наглядно видимого доворота самолёта для дальнейшего следования в нужном направлении.

Магнитные компасы, хотя и стояли на большинстве самолётов, но работали ненадёжно и, как правило, не использовались. В «Памятке лётчику», написанной пилотом Рудневым Е. В., выполненным в октябре 1910 г. 56-минутный перелёт из Петербурга в Гатчину, записано: «Главной особенностью ориентировки с аэроплана является то, что в большинстве случаев компасом не пользуются, а ориентируются по местным предметам».

На этом этапе задача наблюдения движения ограничивалась визуальной ориентировкой для определения места аэроплана и глазомерного выполнения необходимого доворота для дальнейшего следования в требуемом направлении. Отметим, что и задача наблюдения, и задача позиционного управления на этом этапе уже присутствовала, что позволяло выполнять маршрутные полёты в хорошую погоду при видимости земли практически без всяких расчётов.

По мере увеличения дальности полёта такое положение дел долго продолжаться не могло. Возникла потребность в разработке специальной прикладной науки для того, чтобы избавить перелёты от привязанности к ориентирам, особенно линейным, и хорошей погоде.

2 этап. В терминах теории управления движением, в основе воздушной навигации должно стать решение двух задач: (1) определение текущих координат ЛА по доступным наблюдениям величинам и (2) — расчёт кинематических параметров для позиционного управления этим движением.



Опыт морской навигации подсказывал, что успех выполнения маршрутного полёта требует применения магнитного компаса, позволяющего непрерывно определять курс, хотя и с невысокой точностью, а также учёта ветра в предположении его постоянства в пределах некоторой области. На первых порах расчёт полёта производился на земле по ветру, известному по данным аэрологических наблюдений. Тогда они входили в обязанность аэронавигаторов, которые еще не относились к лётному составу. При отсутствии на борту, кроме магнитного компаса, других средств наблюдения движения, такой расчёт при невидимости земли был единственным способом его программного управления. Очевидная ненадёжность этого способа привела к необходимости перенести навигационные расчёты с земли на борт самолёта, что уже осуществлялось в полёте навигаторами кораблей «Илья Муромец»

с учётом ветра и определения своего местонахождения и даже с помощью астрономии.

Осознание необходимости выполнять расчёты на борту самолёта — первый шаг в деле совершенствования наблюдения движения, и на этой основе перехода к более эффективному способу позиционного управления (в кинематическом смысле) движением ЛА. Это требовало включения штурмана в состав экипажа, а также необходимых технических средств и вычислительных устройств воздушной навигации, позволяющих знать текущие координаты, направление и скорость движения самолёта, а также выполнять расчёт нужных параметров для управления им.

Появление таких средств обеспечило переход ко второму этапу развития этой науки, который начался с разработки методики самолётовождения по магнитному компасу. Первые практические шаги в этом направлении были сделаны навигаторами тяжёлых кораблей «Илья Муромец». Штурман первого перелёта этого корабля из Петербурга в Киев и обратно, состоявшегося летом 1914 года, морской офицер Г. И. Лавров писал: «Шли 3 часа 20 минут исключительно по счислению. Дождь два часа лил как из ведра... Не видя сквозь облака Киева, мы начали планировать с 1200 метров из точки счисления и только с 500 метров увидели как раз под собой главную улицу Киева. Не знаю, как будет дальше, но пока удалась прокладка и даже пеленгование, как на корабле» [3].

В этом эпизоде нельзя не видеть появления расчётных методов наблюдения движения самолёта, а именно, счисления, пеленгования ориентиров и др.

Разработка методики самолётовождения по магнитному компасу во многом связана с работами Стерлигова Б. В., руководившего с 1923 г. аэронавигационным отделом (АНО) НИИ ВВС. Он и его коллеги начали работу с изучения морской навигации и более удачного размещения в кабинах самолётов магнитных компасов, разработки навигационных визиров и совершенствования ветрочёта Журавченко А. Н. — навигатора, летавшего на кораблях «Илья Муромец».

Задача заключалась в переходе к периодически управляемому позиционным способом движению самолёта в полёте. Для этого наблюдение движения посредством определения своего места на основе визуальной ориентировки, которое полагалось действительным местом (ДМ), дополнялось расчётом в полёте своего места по пройденному расстоянию от последнего опознанного ориентира. В термине «расчетное место» (РМ) отражалась меньшая степень уверенности в знании своего местонахождения, а значит, в надёжности наблюдения и управления движением. Для определения РМ необходимо было периодически измерять навигационные элементы полёта с учётом на примитивных счётных устройствах нужных параметров (путевой угол, путевая и воздушная скорости, ветер, истинная высота полёта и др.) и последующей графической

работы на полётной карте. Все проводимые расчёты еще не учитывали сферичность Земли, и только полётные карты составлялись с учётом её реальной формы.

Вот что пишет о работе АНО Спирин И. Т., ранее летавший навигатором на «Илья Муромце»: «Два года кропотливой теоретической работы..., систематических исследовательских полётов по маршруту... Предстояло по-настоящему внедрить дисциплину самолётовождения в строевые части. Надо было приступить к составлению учебников и руководств» [4].

Стерлигов Б. В. вспоминает: «Интересно отметить, что надёжная и довольно точная навигация самолёта в облаках была достигнута еще без радионавигации. Точность слепого самолётовождения позволила мне предложить бомбометание по расчёту времени. Это предложение было проверено на практике ... и дало отличные результаты. К началу 1928 года все возможные по тому времени условия полёта днём, ночью, в облаках, были нами испытаны... Я решил приступить к созданию руководства по воздушной навигации» [5]. Это «Руководство», объемом 30 печатных листов, было первым фундаментальным научно-практическим трудом по аэронавигации [6].

Обратим внимание на то, что по мере совершенствования, воздушная навигация начинает обеспечивать и бомбометание, которое до этого было и самостоятельной наукой и независимой областью практической деятельности. Нельзя не усмотреть в этом признак интеграции наук.

В условиях визуальной видимости земли навигация ограничивалась выводом самолёта на конечный пункт маршрута (КПМ), в качестве которого выбирался характерный ориентир. Дальнейшую задачу выхода на аэродром летчик, видя землю, решал самостоятельно, строя маневр захода на посадку.

В изданном в 1932 году и обстоятельно написанном официальном «Наставлении по аэронавигационной службе (НАНС — 32)», был узаконен следующий порядок самолётовождения:

- взлёт и выход на исходный пункт маршрута;
- выход на курс следования;
- ориентировка и контроль пути по дальности и направлению;
- исправление пути в полёте;
- аэронавигационное пилотирование самолёта, включающее управление им по компасу с сохранением скорости и высоты полёта, особенно в облаках.

Ориентировка, контроль и исправление пути — суть задач наблюдения и управления движением, являющихся основой как теории, так и практики воздушной навигации.

В «Наставлении» подробно описана методика определения навигационных элементов полёта [7]. Точность полёта оценивалась величиной отклонения от среднего уклонения от маршрута, равного 3% от пройденного расстояния. Ясно, что этот показатель

характеризует точность навигации только на участке неуправляемого движения.

Сказанное свидетельствует, что разработчики понимали необходимость улучшения наблюдения движения и управления им при отсутствии видимости земли, поэтому о применении радионавигации и астрономической ориентировки в этом «Наставлении» речь уже шла.

В 1934 г. было издано «Руководство по воздушной астрономии», которая, однако, существенно уступая по своим возможностям быстро прогрессирующей радионавигации, широкого применения не получила [8].

Некоторые расчёты требовали учёта сферичности Земли, которая принималась за шар с известным радиусом (расчёт ортодромии, построение на карте участков локсодромии и др.).

На этом этапе развития навигации приборами непрерывно выдавались только компасный курс, приборные значения воздушной скорости и барометрической высоты полёта. Все остальные параметры движения определялись «в поте лица» и были известны лишь периодически и с низкой точностью. Положение стало заметно улучшаться с появлением более совершенных радиотехнических средств ближней и дальней навигации. На этом этапе местонахождение самолёта, хотя и с невысокой точностью и лишь периодически, можно было определять в любых условиях и, что особенно важно, при невидимости земли. Уверенно выполнялся только полёт на радиостанцию с помощью радиополукомпаса. Учёт формы Земли стал настоящей необходимостью. При этом некоторые расчёты, связанные с применением радиотехнических средств дальней навигации, требовалось выполнять с учётом сжатия Земли.

В сложных метеоусловиях расчёт и выполнение предпосадочного маневра для вывода самолёта в створ взлётно-посадочной полосы, стал важной задачей воздушной навигации. Эта наука обогащалась за счёт привлечения сведений из метеорологии, что позволило разработать барические методы решения некоторых навигационных задач в полёте над морем, а также рассчитывать постоянный курс следования для выполнения дальнего полёта в поле переменного ветра. Использование структурных функций метеорологических полей, статистически характеризующих их изменчивость, (в том числе и ветра), дало возможность определить область допустимости гипотезы о постоянстве ветра, а знание реального состояния поля ветра позволяло рассчитывать дальний маршрут, обеспечивающий минимальное время перелёта из одного пункта Земного шара в другой [9].

Таким образом, основной характеристикой второго этапа развития воздушной навигации является инструментальное, с учётом ветра, хотя и с низкой точностью, периодическое наблюдение движения, а следовательно, и управление им.

Это уже позволяло приступить к полётам в сложных метеоусловиях, над безориентирной местностью

(пустыни, моря, ледяные просторы Арктики и др.), но еще не обеспечивало безопасность полётов и эффективное решение всех тех задач, ради которых ЛА поднимаются в воздух.

3 этап. Этот этап развития рассматриваемой науки напрашивался сам собой. Нужно было существенно улучшить наблюдаемость за счёт повышения точности и непрерывности определения текущих координат ЛА и необходимых параметров для позиционного управления движением. Понимание этого привело к созданию новой навигационной техники. Появились точные курсовые системы, централи скорости и высоты полёта, доплеровские измерители угла сноса и путевой скорости, устройства непрерывного счисления пути, включая автономные инерциальные системы. Самолётные панорамные радиолокационные станции позволили в любых условиях, в принципе, непрерывно определять свое место, возродив на новом уровне «визуальную» ориентировку по радиолокационному изображению местности.

Своеобразно решаются задачи навигации с учётом особенностей земной поверхности в корреляционно-экстремальных навигационных системах, «ориентирующихся» по неповторимой структуре геофизических полей Земли, в частности, рельефа местности, над которой по заданному маршруту летит управляемая крылатая ракета с последующим точным наведением на цель [10].

Вся эта навигационная техника и комплексная обработка измерений освобождали экипаж от необходимости видеть землю, повышая возможности воздушной навигации, что дало основание говорить о более высоком этапе её развития.

В теоретических основах помимо вероятностной оценки точности единичных измерений по схеме случайных величин, потребовалось использовать теорию случайных функций, что позволило характеризовать точность непрерывно наблюдаемых параметров движения ЛА, а также оценить точность позиционно управляемого движения по заданной траектории как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Для оценки разброса траекторий движения была предложена соответствующая методика [11], а на основе вероятностного расчёта выбросов случайного процесса можно было подсчитать ожидаемое число и продолжительность выхода ЛА за пределы трассы и отведенной разности высот полёта. Эксперимент подтвердил вполне удовлетворительное совпадение теории с практикой [12].

Систематизация расчётов привела к разработке алгоритмов решения как основных, так и многих частных задач воздушной навигации, что позволило автоматизировать многие виды навигационной работы, выполнявшейся ранее вручную [13].

Таким образом, основной характеристикой этого этапа развития воздушной навигации является её алгоритмизация и автоматизация решения многих задач. В ряде случаев это приводило к существенному

увеличению времени подготовки к полёту за счет необходимости программирования некоторых операций.

Были проведены успешные попытки автоматизировать выбор средств навигации и составление программы полёта на основе предварительной записи в цифровом виде картографической и навигационной информации о местности (расположение навигационных средств, координаты ориентиров, точек коррекции т. д.). Эксперимент показал, что время подготовки экипажа к полету сократилось на порядок.

Ввод необходимых данных в систему автоматического управления обеспечивал достаточно точное следование ЛА по заданной траектории, что способствовало повышению эффективности решения народно-хозяйственных, боевых задач, регулярности и безопасности полётов практически в любых условиях.

Возросла актуальность задачи выбора тех технических средств и методов их применения, которые обеспечивают наилучшее по заданному критерию выполнение поставленной задачи. Однако недостаточно уверенно решались задачи навигации при выполнении полётов по криволинейным траекториям, относительная доля которых за счёт увеличения скорости реактивных самолётов существенно возросла.

4 этап. Это появление возможности практически идеального наблюдения движения на основе синтеза радионавигации, астрономии, геодезии и механики, приведшего к возникновению высокоточной навигации на основе создания и использования спутниковых радионавигационных систем определения места и скорости полёта ЛА, комплексирования их данных и данных автономных инерциальных систем и непрерывной выдачи текущих координат места ЛА, а также их наглядного отображения на электронном картографическом экране.

Уместно напомнить, что острая необходимость высокой точности навигации была осознана еще в годы Великой Отечественной войны. Главный штурман ВВС Стерлигов Б. В. на сборах руководящего штурманского состава, проходивших в конце 1943 г., говорил: «Повышение точности выхода на цель и исключения невыхода, а тем более ударов по своим войскам — первая, главная и важнейшая задача штурманской службы до конца войны. Здесь нужна гораздо более точная компасная навигация и детальная ориентировка у цели, в том числе и ведомых. Здесь речь идет уже о градусах, секундах и метрах!» [5].

Ранее задачи полёта по маршруту, выхода на цель и бомбометания по ней решались автономно, а с высокоточной системой навигации и наведения они сливаются воедино.

Практически снимается проблема точности полёта по заданной траектории, появляется поразительное ранее никогда не испытываемое чувство, что в полёте с высокоточной навигационной системой невозможно потерять ориентировку! И это независимо от погоды, условий визуальной видимости земли

и расположенных на ней ориентиров. Действующие в ранние годы «Наставления» запрещали в полёте произвольно изменять курс, чтобы не потерять ориентировку. А с точной системой маневрируя как угодно, так как в любой момент в зоне её действия можно точно определить свое место, открывая большие возможности для выполнения полётов по криволинейным пространственно-временным траекториям. Это существенно повышает регулярность, безопасность полётов и экономические возможности авиации.

Началась активная разработка космической навигации. Встал вопрос и о целесообразности иметь штурмана на борту космического корабля [14].

Этот этап характерен глобальностью, полной автоматизацией и независимостью решения задач воздушной навигации от видимости и характера местности, над которой пролетает ЛА. Естественно его считать качественно новым этапом развития как навигационной техники, так и науки, занимающейся вопросами её применения для решения задач воздушной навигации от взлёта до посадки включительно, что крайне необходимо как с военной, так и народно-хозяйственной точки зрения.

Таким образом, за четыре этапа столетнего развития, воздушная навигация прошла путь от использования естественной визуальной способности человека ориентироваться на знакомой местности, через применение инструментальных и весьма трудоёмких методов определения текущих координат с невысокой точностью и ручное управление ЛА к алгоритмизации и автоматизации процесса наблюдения и позиционного управления движением с поразительно высокой точностью.

По-видимому, следующий этап развития воздушной навигации будет иметь место за счёт дальнейшего совершенствования навигационной техники и теории на основе синтеза более широкого круга наук. Развитие навигации смещается в сторону создания алгоритмов использования технических средств для повышения безопасности и эффективности действий авиации. Возможно, новые пути выбора оптимальных навигационных средств и методов откроются с использованием игрового подхода к решению задач, стоящих перед воздушной навигацией. Укажем на первые попытки реализовать такой подход.

Правильный выбор методов навигации «может иметь теоретическую основу, заложенную в теории игр, где в качестве одного из «игроков» можно рассматривать предсказываемые изменения внешней обстановки, влияющие на методы навигации, а в качестве второго «игрока» — сами методы навигации или навигационные системы, основанные на различных методах измерения», как, например, в работе [15].

В игровой постановке решается задача приведения управляемого объекта в заданное состояние при неизвестных заранее возмущающих силах, а также об управлении объектом при неполной информации о его текущем состоянии [16].

Аналогичным образом решается задача сближения с целью при использовании трех видов управления движением: детерминированного, стохастического и игрового, в том числе в условиях информационных помех, возникающих за счёт неточности измерений или запаздывания информации о реализуемом движении [17].

Представляется весьма обнадеживающим использование теории управления движением для дальнейшего развития воздушной навигации. Время покажет, к какому новому этапу её развития это приведёт. Надеюсь, ответ на данный вопрос найдут те, кто посвятил себя работе в этой увлекательной области науки и техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский Н. Н. Теория управления движением, линейные системы.— М.: Наука, 1968,— 475с.
2. Беляков А. В. В полёт сквозь годы.— М.: Воениздат, 1981.— 349с.
3. Катышев Г. И., Михеев В. Р. Крылья Сикорского.— М.: Воениздат, 1992.— 432с.
4. Спирин И. Т. В голубом небе.— М.: Изд «Советская Россия», 1960.— 204с.
5. Стерлигов Б. В. Маршрутами мира и войны. Записки авиаштурмана.— М.: ООО «АЛЕВ-В», 2001.— 384с.
6. Стерлигов Б. В., Корнев Г. В., Френкель Г. С и др. Руководство по воздушной навигации, под ред. Стерлигова. Аэронавигационный отдел НИИ ВВС РККА.— М.: Госиздат, 1930.— 535с.
7. Наставление по аэронавигационной службе ВВС РККА (НАНС – 32).— М.: Ред. изд. сектор УВВС РККА, 1932.— 176с.
8. Сергеев Л. П. Руководство по воздушной астрономии, под ред. Френкеля Г. С.— М.: Отдел издательства Народного комиссариата обороны Союза ССР, 1934.— 328с.
9. Молоканов Г. Ф. О законе управления самолётом, перелетающем из одного пункта в другой в кратчайшее время, Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1966, № 1.
10. Белоглазов И. Н., Джанджгава Г. И., Чигин Г. П. Основы навигации по геофизическим полям.— М.: Наука, 1985.— 328с.
11. Молоканов Г. Ф. Оценка разброса траекторий управляемого движения, Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1979, № 2.
12. Молоканов Г. Ф. Точность и надёжность навигации летательных аппаратов.— М.: Машиностроение, 1967.— 214с.
13. Рачковский Н. Г. Основы теории автоматизированного самолётовождения.— М.: Машиностроение, 1966.— 126с.
14. Селезнев В. П. Навигационные устройства.— М.: Государственное научно-техническое изд-во «Оборонгиз», 1961.— 616с.
15. Веремеенко К. К. и др. Малогабаритная интегрированная навигационная система БИСНС-ИТМ: структура, алгоритмы, результаты испытаний. «Новости навигации».— М.: НТЦ «Интернавигация», 2011, № 1.
16. Красовский Н. Н. Игровые задачи о встрече движений.— М.: Наука. Гл. ред. мат. литературы, 1970.— 420с.
17. Красовский Н. Н., Субботин А. И. Позиционные дифференциальные игры.— М.: Наука. Гл. ред. физ.— мат. лит. 1974.— 456с.





К 90-ЛЕТИЮ СЕРГЕЯ ПАВЛОВИЧА НЕПОБЕДИМОГО

70th Anniversary of Sergei Nepobedimyy

13 сентября этого года исполнилось 90 лет со дня рождения выдающегося конструктора отечественной ракетной техники, первоклассного ученого в области ракетных систем управления и навигации, члена-корреспондента Академии наук СССР и Российской академии наук, действительного члена Российской академии ракетных и артиллерийских наук и Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, профессора, доктора технических наук Сергея Павловича Непобедимого.

Сергей Павлович Непобедимый родился в г. Рязани в семье рабочего. В 1922 году семья переехала в Курскую губернию и обосновалась в селе Никольском Щигровского уезда. Чтобы дать возможность двум своим сыновьям получить среднее образование, через несколько лет родители с детьми переезжают в город Щигры. В школьные годы он проявил незаурядные способности в математике, разбирался в механике, занимался моделированием и в 14 лет сконструировал глассер с паровой турбиной, который отправили на выставку в Москву.

В 1938 году Сергей Павлович окончил Щигровскую среднюю школу № 1 и поступил в Краснознаменный механико-машиностроительный институт (с 1943 г. Московское высшее техническое училище, МВТУ) им. Н. Э. Баумана на факультет «Боеприпасы». Когда началась Великая Отечественная война, подал заявление с просьбой отправить на фронт, в чём было отказано. Училище было эвакуировано в Ижевск. Вернулся из эвакуации в 1943 году,

учился в группе под руководством профессора Ю. А. Победоносцева. Преддипломную практику проходил в НИИ-1, который затем стал Московским институтом теплотехники. Окончил МВТУ в 1945 году по специальности «инженер-механик по боеприпасам», тема дипломного проекта — «Ракетный комплекс повышенной дальности для борьбы с танками». По другим данным — «Носимые ракетные системы для борьбы с танками на большой дистанции». По рекомендации Победоносцева был направлен в подмосковную Коломну в Специальное конструкторское бюро гладкоствольной артиллерии — СКБ-101 (затем КБМ, КБ машиностроения), которым руководил видный конструктор минометов Б. И. Шавырин.

В КБМ Сергей Павлович проработал вплоть до 1989 года инженером-конструктором, первым заместителем главного конструктора (1961), начальником и главным конструктором (1965), генеральным конструктором (1988).

Непосредственно участвовал в создании механизма заряжания для 433-мм бесшоточного противолодочного бомбомета БМБ-2 (1951) для ВМФ. Руководил разработкой, испытаниями и постановкой на серийное производство осколочно-фугасных и кумулятивных выстрелов для безоткатных орудий Б-10 и Б-11 (1954).

В 1956 году возглавил группу по разработке противотанковых ракетных комплексов (ПТРК), результатом работы которой явились комплексы «Шмель» (1960), «Малютка» (1963), позднее полуавтоматический ПТРК «Малютка-П» (1969). При их создании был

реализован ряд новаторских технических разработок, сыгравших важную роль и в других отраслях промышленности.

В продолжение работ Б. И. Шавырина, под руководством С. П. Непобедимого была завершена разработка первого советского переносного зенитно-ракетного комплекса (ПЗРК) «Стрела-2» (1968), за которым последовала серия ПЗРК: «Стрела-2М» (1970), «Стрела-3» (1974), «Игла-1» (1981), «Игла» (1983), при этом впервые в мировой практике были решены сложные технические задачи по обеспечению эффективной стрельбы навстречу, в условиях воздействия активных тепловых помех и других факторов.

В 1970–1980 годах была создана первая в мире сверхзвуковая противотанковая управляемая ракета (ПТУР) «Штурм»: «Штурм-В» (1976) – в вертолётном, «Штурм-С» (1978) – в самоходном исполнении. Позже были созданы ПТУР «Атака» (глубокая модификация «Штурма») и первый в мире двухканальный ПТРК «Хризантема».

С. П. Непобедимый явился инициатором создания в стране высокоточных мобильных тактических и оперативно-тактических ракетных комплексов (ТРК и ОТРК). Под его руководством на вооружение поступили ТРК «Точка» с различными видами БЧ: СБЧ, ОФБЧ (1975), КБЧ (1977), Г (1979), Ф-Р (1982), а также «Точка-У» (1988), ОТРК «Ока» (1980), «Ока-У» предшественник известного и задуманного им ОТРК «Искандер».

В середине 1970-х годов по его инициативе в КБМ было организовано принципиально новое направление в области вооружения – создание комплексов и систем активной защиты (КАЗ) бронетанковой

(комплекс «Арена») и другой техники (в том числе шахтных пусковых установок МБР).

В 1989 году, после того, как по договору с США о сокращении ракет средней и меньшей дальности были уничтожены комплексы «Ока» (SS-23), которые, по существу, не должны были подпадать под действие договора, а также в результате известных перестроечных процессов тех лет С. П. Непобедимый подал в отставку с поста генерального конструктора и покинул КБМ.

С 1990 работает в ЦНИИ автоматики и гидравлики в Москве. Незадолго до своего нового юбилея он завершил работу над интереснейшими воспоминаниями – книгой, названной «Оружие двух эпох». Автор более 350 научных работ, изобретений и одного открытия.

С. П. Непобедимый был депутатом Верховного Совета РСФСР (1985), делегатом XXV, XXVI, XXVII съездов КПСС, а также XV и XVI съездов профсоюзов СССР. Он Герой Социалистического Труда (1971), лауреат Ленинской премии (1964), трижды лауреат Государственной премии (1969, 1976, 1981), лауреат Премии Совета Министров СССР (1978), награжден тремя орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции.

С. П. Непобедимый – Почётный гражданин № 1 города Коломны и Почётный гражданин Рязанской области.

ОАО «НТЦ «Интернавигация», Исполком Российского общественного института навигации и редакция журнала «Новости навигации» от всей души поздравляют Сергея Павловича с 90-летним юбилеем и желают ему доброго здоровья и успехов в научной работе.

При подготовке материала использованы следующие источники:

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/%CD%E5%EF%E1%E5%E4%E8%EC%FB%E9%2C_%D1%E5%F0%E3%E5%E9_%CF%E0%E2%EB%EE%E2%E8%F7
2. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_biography/90086/%D0%9D%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D1%8B%D0%B9
3. <http://www.peoples.ru/military/design/nepobedim>
4. Сайт Конструкторского бюро машиностроения; www.kbm.ru
5. Информационная система «Ракетная техника», <http://rbase.new-factoria.ru/www.kbm.ru>
6. http://www.arms-expo.ru/site_xp/049050052048124057056052.html
7. Птичкин С.М. Забытый Непобедимый Как отметит страна юбилей одного из своих величайших оружейных конструкторов. Независимое военное обозрение 19.08.2011. http://nvo.ng.ru/notes/2011-08-19/9_nepobedimyi.html?mprint
8. <http://skalabuhin.narod.ru/KOLOMNA/TRUD/spn.htm>
9. Монолог выдающегося конструктора С.П. Непобедимого. <http://pvo.guns.ru/people/nepobed.htm>
10. Интервью С.П. Непобедимого. Вопросы истории естествознания и техники, 2001, №2. <http://vivovoco.rsl.ru/vv/journal/viet/invincible.htm>





К 70-ЛЕТИЮ ВАДИМА СТЕПАНОВИЧА ЖОЛНЕРОВА

70th Anniversary of Vadim Zholnerov (RIRT)

1 июня 2011 года исполнилось 70 лет со дня рождения Вадима Степановича Жолнерова — заместителя Генерального директора по науке Российского института радионавигации и времени.

Трудовой путь Вадима Степановича Жолнерова вызывает уважение — от техника до заместителя генерального директора ведущего предприятия страны в области радионавигации.

Приобретенный опыт практической работы позволил Вадиму Степановичу успешно защитить кандидатскую, а затем и докторскую диссертацию, получив ученую степень доктора физико-математических наук и ученое звание профессора.

Он является одним из основоположников научного направления по созданию современных систем и средств единого времени и квантовой стабилизации частоты, автором большого количества научных трудов и авторских свидетельств.

Фундаментальные знания, научное предвидение, высокий профессионализм и опыт практической работы Вадима Степановича позволяют ему успешно решать сложные научные и технические проблемы, стоящие перед институтом.

Большое внимание он уделяет становлению молодых научных кадров института,

передавая им накопленные знания и опыт практической работы.

Его трудовой и научный вклад отмечены присвоением звания «Лауреата Государственной премии».

Вадим Степанович пользуется большим уважением у коллег по работе, которые отдают должное его порядочности, отзывчивости, личной скромности, остроумию и готовности всегда прийти на помощь тому, кто в ней нуждается.

Коллектив ОАО «НТЦ «Интернавигация» высоко ценит практическую помощь, которую Вадим Степанович оказывает предприятию в решении вопросов создания объединенных радионавигационных систем «Чайка/Лоран-С».

Межгосударственный совет «Радионавигация», коллектив Открытого акционерного общества «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация», Российский общественный институт навигации и редакция журнала «Новости навигации» с чувством глубокого уважения и от всей души поздравляют Вас, дорогой Вадим Степанович, с юбилеем — 70-летием со дня рождения. От всего сердца желаем Вам крепкого здоровья, еще многих лет активной деятельности, счастья, благополучия Вам и Вашей семье и больших творческих успехов.



ОТЧЕТ «МАРКЕТИНГОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

(НАП ГНСС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO) В 2004 – 2010 гг.»

GLONASS/GPS/GALILEO USER EQUIPMENT MARKET INVESTIGATION (2004 – 2010)

Предлагаемый отчет содержит результаты исследования российского рынка навигационной аппаратуры потребителей (НАП) глобального позиционирования, проведенного ООО «Центр консалтинговых услуг «ИНТЕРКОН» на основе анализа информации о состоянии мирового рынка НАП ГНСС, данных внешнеэкономических контрактов (таможенной статистики) за 2004–2010 гг., данных внутреннего производства и другой доступной информации

Задачи высокоточного определения координат и времени, синхронизации удаленных потребителей все больше становятся неотъемлемой частью социально-экономической деятельности, все шире применяются в повседневной жизни. Этот процесс ускоряется, и это ускорение можно сравнить разве что с развитием мобильной телефонии. В комбинации с геоинформационными системами и средствами связи решение задач координатно-временного и навигационного обеспечения дает новое качество в развитии практически всех ведущих отраслей мировой экономики.

На сегодня значительная часть транспорта, энергетики, связи и других отраслей экономики вплоть до сельского хозяйства используют радионавигационные и, в первую очередь, спутниковые навигационные системы для определения координат, синхронизации часов, организации контроля и управления, в коммерческих и научных целях. В геометрической прогрессии растет количество персональных пользователей ГНСС.

Важнейшей составной частью координатно-временного и навигационного обеспечения для всех пользователей является навигационная аппаратура потребителей (НАП) радионавигационных систем.

Основными задачами выполненного исследования являлись оценка современного состояния и тенденций развития мирового и российского рынков радионавигационной аппаратуры и услуг глобального позиционирования, а также выявление и оценка наиболее перспективных сегментов аппаратуры глобального позиционирования с точки зрения возможностей дальнейшего развития отечественного рынка глобальной навигации.

Структура отчета опубликована на сайте ФГУП НТЦ «Интернавигация» www.internavigation.ru

***Полная версия отчета распространяется
ФГУП НТЦ «Интернавигация»***

Контактный тел. (495) 626-25-01.

Директор – Царев Виктор Михайлович.

Памяти профессора Л. П. Несенюка. Избранные труды и воспоминания.. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электрон», 2010. – 254 с. ISBN 5-900780-79-5.

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

Книга знакомит читателей с современными информационными технологиями, используемыми на автомобильном транспорте. Рассмотрены особенности проектирования и использования прикладных автоматизированных систем обработки информации и управления, а также автоматизации учета транспортной работы и диспетчерского управления движением на базе навигационных систем. Описаны новые технологии автоматизированной идентификации в системах обработки информации на транспорте.

Для специалистов транспортной отрасли, связанных с разработкой и использованием информационных технологий. Книга может быть использована для подготовки специалистов в области внедрения информационных технологий на транспорте.

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

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

«ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования». Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд-во «Радиотехника», 2010.

Изложены принципы построения спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, ее системные характеристики и основные характеристики подсистем космических аппаратов, наземного контроля и управления и навигационной аппаратуры потребителей, а также дифференциальных дополнений СРНС. Рассмотрены направления совершенствования технологий спутниковой навигации, перспективы совершенствования космического и наземного сегментов, контроля целостности, использования высокоточных фазовых измерений, интегрирования с инерциальными системами навигации и использования пространственной обработки сигналов. Для специалистов по разработке, производству и эксплуатации аппаратуры потребителей СРНС ГЛОНАСС, а также для студентов, аспирантов и преподавателей ВУЗов при изучении радиотехнических дисциплин.

П. Пржибыл и М. Светек «Телематика на транспорте». — Прага-Москва: Technika Literatura, 2004.

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

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

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

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

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

Систематически изложены необходимые сведения для изучения радиолокационных систем дистанционного зондирования Земли. Основное внимание уделено

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

<http://www.radiotec.ru>

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

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

Веремеенко К. К., Головинский А. Н., Инсаров В. В., Красильщиков М. Н., Семенов С. С., Сыпало К. И., Харчев В. Н. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий /Под ред. М. Н. Красильщикова и Г. Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 280 с. — ISBN 5-9221-0409-8.

Степанов О. А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Часть 1. Введение в теорию оценивания. — СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2009. — 496 с.

В книге излагаются общие принципы и подходы, используемые при построении алгоритмов оценивания как в линейных, так и в нелинейных задачах. Значительное внимание уделяется обоснованию возможности синтеза наиболее распространенных стохастических алгоритмов оценивания на основе детерминированного подхода, не требующего привлечения понятий теории вероятностей. Анализируется взаимосвязь алгоритмов, получаемых в рамках рассматриваемых подходов при различном объеме априорной информации. Методы и алгоритмы, полученные для постоянного вектора, обобщаются применительно к оцениванию случайных последовательностей, наиболее важными из которых являются алгоритмы калмановского типа.

Предлагаемый материал поясняется на примерах и задачах методического характера, а также задачах, связанных с обработкой навигационной информации, в частности, применительно к задачам оценивания коэффициентов полинома, определения сдвига между реализациями, определения координат по точечным ориентирам, комплексной обработки избыточных измерений. При этом значительное внимание уделяется алгоритмам, используемым при коррекции навигационных систем с привлечением внешних данных. К примеру, здесь обсуждаются особенности реализации слабосвязанных и сильносвязанных схем комплексов, получивших наибольшее распространение при построении интегрированных инерциально-спутниковых систем.

Приводятся необходимые сведения из теории вероятностей и матричных исчислений, а также описание используемых разделов Matlab.

Книга подготовлена с учетом многолетнего опыта, накопленного автором при проектировании алгоритмов обработки для навигационных систем различного типа, а также опыта преподавания и чтения лекций для аудитории с разным уровнем подготовки. Материал четко структурирован, что существенно облегчает его изучение и возможность использования для формирования курсов лекций по отдельным разделам для слушателей с различным уровнем подготовки.

Книга подготовлена как учебное пособие, имеет рекомендацию Учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию по направлению «Системы управления движением и навигация» при МГТУ им. Н. Э. Баумана. Адресована студентам старших курсов и аспирантам, а также инженерам и научным работникам, чьи интересы связаны с проблемами построения эффективных алгоритмов оценивания не только применительно к задачам обработки навигационной информации, но и в смежных областях, связанных с задачами обработки гидроакустической информации и траекторного слежения.

Прихода А. Г., Лапко А. П., Мальцев Г. И., Бунцев И. А. GPS-технология геодезического обеспечения геолого-разведочных работ. — Новосибирск: СНИИ ГГиМС, 2008. — 274 с., прил. 5.

Баклицкий В. К. Корреляционно-экстремальные методы навигации и наведения. — Тверь: ТО «Книжный клуб», 2009. — 360 с. ББК 39.0 Б 19

В монографии проведен обобщенный анализ основных положений теории фильтрации пространственно-временных сигналов и представлены новые результаты, полученные в этом направлении.

Результаты теоретических исследований иллюстрируются примерами корреляционно-экстремальных систем автоматической навигации и наведения, использующих для наблюдения за ориентирами датчики различного типа (радиолокационные, тепловые, телевизионные и т. д.). Теоретические результаты дополнены математическими и натурными экспериментами.

Монография предназначена для специалистов в области автоматической навигации, наведения и распознавания образов. Она также может быть полезна студентам старших курсов соответствующих вузов. По всем вопросам приобретения монографии можно обращаться по сотовому телефону 8-906-656-55-99 к координатору издательского проекта Кудрявцеву Вячеславу Николаевичу. tverbook@mail.ru

Поваляев А. А. Спутниковые радионавигационные системы: время, показания часов, формирование измерений и определение относительных координат. — М.: Изд-во «Радиотехника», 2008. — 328 с.

В книге на основе критического обзора выявлена противоречивость смыслового содержания, придаваемого в литературе по спутниковой навигации понятиям «псевдозадержки» («псевдодальности») и «псевдофазы». Проведено уточнение этих понятий, устраняющее выявленные противоречия. Изложены основы теории формирования измерений псевдозадержек и псевдофаз в навигационных приемниках. Приведены основные положения теории линейного оценивания при неоднозначных измерениях. Рассмотрено решение нескольких важных прикладных задач обработки неоднозначных измерений псевдофаз при относительных определениях в спутниковых радионавигационных системах. Книга предназначена для разработчиков программного обеспечения измерений в каналах навигационного приемника, специалистов в области обработки неоднозначных измерений, а также аспирантов и студентов.

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

Международный форум по спутниковой навигации [Текст]. — М.: Профессиональные конференции, 2008.

Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD. — М.: Профессиональные конференции, 2008.

Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD. — М.: Профессиональные конференции, 2009.

Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD. — М.: Профессиональные конференции, 2010.

Международный форум по спутниковой навигации [Электронный ресурс], CD. — М.: Профессиональные конференции, 2011.

«XV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 26–28 мая 2008, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-900780-66-5). На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ.

«15th St Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 26–28 May, 2008, St. Petersburg, Russia (ISBN 978-5-900780-67-2).

«XVI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным

системам», 25–27 мая 2009, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-900780-66-5). (На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

«16th St Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 25–27 May, 2009, St. Petersburg, Russia (ISBN 978-5-900780-67-2).

«XVIII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам», 30 мая – 1 июня 2011, Санкт-Петербург, Россия (ISBN 978-5-91995-002-8). (На русском языке опубликованы материалы только авторов из России и других стран СНГ).

«18th St Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems», 30 May – 1 June, 2011, St. Petersburg, Russia. (ISBN 978-5-91995-004-2), англ.

По вопросам приобретения трудов конференции обращаться в ЦНИИ «Электроприбор»: 197046, С-Петербург, ул. М. Посадская, 30, ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» начальнику ОНТИ М. В. Гришиной.

Тел.: (812) 499–8157; факс: (812) 232–3376;

e-mail: ICINS@eprib.ru



КАЛЕНДАРЬ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ НАВИГАЦИИ И СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН НА 2011 – 2014 гг.

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

СЕНТЯБРЬ 29 – ОКТЯБРЬ 02 2011

ИнфоТех-2011

Всероссийская выставка информационных технологий «ИнфоТех-2011»

Столица Удмуртии – город Ижевск – впервые станет площадкой для проведения Всероссийской выставки информационных технологий «ИнфоТех-2011». Организаторы мероприятия: Правительство Удмуртской Республики, Министерство информатизации и связи Удмуртской Республики, Администрация города Ижевска, Удмуртская торгово-промышленная палата, Клуб ИТ-директоров Удмуртской Республики, Выставочный центр «УДМУРТИЯ». Выставочная экспозиция будет представлена разделами: ИТ для государства, ИТ для бизнеса, ИТ для жизни; средства, системы и услуги связи. Тематики выставки: электронное правительство, универсальная электронная карта, электронный документооборот, технологии обработки данных, BPM, ERP и CRM системы, центры обработки данных, системы информационной безопасности, системы автоматизации финансового сектора, логистические решения, 3D, планшетные компьютеры, умный дом, мультимедиа, NI-End и Hi-Fi аппаратура, цифровое фото, социальные сети, игры, интернет и сеть для дома; средства, системы и услуги связи.

Одновременно с выставкой «ИнфоТех-2011» состоится III Всероссийская специализированная выставка «Комплексная безопасность».

Подробная информация на сайте www.it.vudm.ru и по телефонам: (3412) 73-35-32, 73-35-87, 73-35-91.

OCTOBER 10–11 2011

GNSS Symposium

Berlin, Germany

<http://www.insidegnss.com>

ОКТЯБРЬ 10–14 2011

КВНО-2011

4-я Всероссийская конференция «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение»

Санкт-Петербург, Институт прикладной астрономии РАН.

Организаторы: Российская академия наук, Федеральное космическое агентство, Министерство обороны Российской Федерации, Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, Научный совет РАН по проблеме «Координатно-временное и навигационное обеспечение».

191187 Санкт-Петербург, наб. Кутузова, 10, Институт прикладной астрономии РАН, Оргкомитет КВНО-2011; тел.: (812) 275-11-18; факс: (812) 275-11-19;

E-mail: kvno2011@ipa.nw.ru.

OCTOBER 16–20 2011

18th World Congress on Intelligent Transport System

Orange County Convention Center, Orlando, Florida, USA The Intelligent Transportation Society of America, ERTICO-ITS Europe, and ITS Asia-Pacific invite you to join the world's leading transportation policy makers, technology, and business professionals. Under the theme of Keeping the Economy Moving, the event includes interactive technology showcases, more than 250 sessions, a 400,000 square-foot exhibit hall, and networking events with ITS industry leaders from across the world.

www.gpsworld.com

OCTOBER 18–19 2011

LocNav2011

San Jose, California, USA. Two executive location conferences will be under one roof. The Where Business is co-locating two big location conferences, LocNav 2011. The Navigation USA Conference and Location Business Summit are being held together in San Jose on October 18–19 for a big industry networking and conference event. There are 30 sessions and eight workshops. Organizers are expecting more than 300 senior location and navigation executives in attendance.

www.gpsworld.com

ОКТЯБРЬ 26 2011

Оборудование спутниковой навигации, модули и электронные компоненты Международная конференция «Оборудование спутниковой навигации, модули

и электронные компоненты» в рамках «Международного форума по спутниковой навигации» и выставки «ChipEXPO-2011», Российской недели электроники.

daria@profconf.ru www.ptcentre.ru www.worldconf.ru
Дарья Чунаева (495) 66-324-66

OCTOBER 26–28 2011
China Satellite Conference 2011
 Beijing, China

http://www.insidegnss.com

NOVEMBER 02–04 2011
Joint International Symposium on Deformation Monitoring

Hong Kong, China. This symposium is a joint event of the 14th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis, the 5th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, and the 2nd International Workshop on Spatial Information Technologies for Monitoring the Deformation of Large-Scale Man-made Linear Features.

www.gpsworld.com

NOVEMBER 14–17 2011
Precise Time and Time Interval Systems and Applications Meeting
 Long Beach, California USA

http://www.insidegnss.com

NOVEMBER 15–17 2011
IGNSS 2011
International Global Navigation Satellite Systems Society Symposium

Incorporating the International Symposium on GPS and GNSS, will be held at the University of New South Wales, Sydney, Australia. For the first time, IGNSS 2011 will feature an Interactive Field Day.

http://www.insidegnss.com

NOVEMBER 22–24 2011
ENC 2011
The European Navigation Conference.
 St Paul's Cathedral, London, UK.

www.rin.org.uk

DECEMBER 08– 09 2011
GNSS Signals 2011
European Workshop on Signals and Signal Processing
 Toulouse, France

www.gpsworld.com

DECEMBER 12–16 2011
United Nations International Meeting on GNSS

The main discussion will center around the International Committee on GNSS (ICG), created by The UN Office of Outer Space Affairs (OOSA) in 2005 to bring together all system providers and smooth the way for global development of the satellite navigation systems.

Vienna, Austria

http://www.insidegnss.com

JANUARY 30 – FEBRUARY 01 2012
ION International Technical Meeting
 Marriott Newport Beach Hotel & Spa, Newport Beach, California

www.ion.org

АПРЕЛЬ 17 – 18 2012
VI Международный форум по спутниковой навигации

Москва, ЦВК "Экспоцентр".

http://www.glonass-forum.ru/

APRIL 24–26 2012
IEEE/ION PLANS 2012
 (Tutorials: April 23)
 Myrtle Beach Marriott Resort & Spa, Myrtle Beach, South Carolina

www.ion.org

APRIL 25–27 2012
ENC 2012
 European Navigation Conference.
 Gdansk, Poland.

http://www.insidegnss.com

МАЙ 28–30 2012
XIX Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам.

Санкт-Петербург, ОАО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор». Координаты для связи: 197046, С-Петербург, Россия, ул. Малая Посадская, 30, ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор».

Тел.: (812) 499-82-10, (812) 499-81-57;

факс: (812) 232-33-76;

e-mail: ICINS@eprib.ru.

Вся информация по подготовке и проведению конференции размещается на сайте конференции.

http://www.elektropribor.spb.ru/cnf/icins2012/rindex.php

JUNE 12–14 2012

SDE/ION Joint Navigation Conference 2012

(Tutorials: June 11)

Tutorials and FOUO Sessions: Crowne Plaza Hotel,
Colorado Springs, Colorado

www.ion.org

SEPTEMBER 12–14 2012

VTS Symposium

Istanbul, Turkey.

http://www.iala-aism.org

SEPTEMBER 18–21 2012

ION GNSS 2012

(Tutorials: September 20–21)

Nashville Convention Center, Nashville, Tennessee

www.ion.org

OCTOBER 01–03 2012

14th IAIN World Congress

International Association of Institutes of Navigation

Egypt, Cairo.

www.iainav.org

JANUARY 28–30 2013

ION International Technical Meeting

Catamaran Resort Hotel, San Diego, California

www.ion.org

SEPTEMBER 17–20 2013

ION GNSS 2013

(Tutorials: September 16–17)

Nashville Convention Center, Nashville, Tennessee

www.ion.org

JANUARY 27–29 2014

ION International Technical Meeting

Catamaran Resort Hotel, San Diego, California

www.ion.org



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Продолжается подписка на журнал «Новости навигации».

Подписка оформляется через редакцию журнала. Юридические и физические лица могут приобрести издаваемый журнал, оформив подписку либо заказ на конкретный номер журнала, а также за наличный расчет. Время оформления подписки не ограничено. В стоимость подписки входит оплата 4-х номеров журнала. С учетом почтовых расходов и НДС (10%) стоимость подписки на 2011 год – 2600 руб.

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

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

ОАО «НТЦ СНТ «Интернавигация».

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

E-mail: internavigation@rgcc.ru

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

РАСЦЕНКИ НА ПУБЛИКАЦИЮ РЕКЛАМЫ (формат А4, А5):

2, 3 стр. обложки и вкладки (формат А4):	цветная реклама (4 цвета)	22000 руб.
	одноцветная реклама	12000 руб.

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

БЛАНК-ЗАКАЗ

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

Стоимость подписки в сумме _____ руб. перечислена на расчетный счет Открытого акционерного общества «Научно-технический центр современных навигационных технологий «Интернавигация» (ОАО «НТЦ «Интернавигация»)

ИНН/КПП 7709877563/770901001

ОГРН 1117746369531

ОКАТО 45286555000

Реквизиты банка:

Межгосударственный банк г. Москва

БИК 044525362 к/счет 30101810800000000362 р/счет 40502810100000000008

Платежное поручение № _____ от « _____ » _____ 201 ____ 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, список ключевых слов и УДК;
 - аннотацию на русском и английском языках;
 - текст статьи;
 - список литературы в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008.

Страницы рукописи не нумеруются. Отдельно представляются сведения об авторах: ФИО, год рождения, место работы, должность, ученые степени, звания, адрес работы и электронной почты, рабочие телефоны и факсы.

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