

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. Н. Тяпкин
Е. Н. Гарин

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ
РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС**

Монография

Красноярск
СФУ
2012

УДК 629.056.8
ББК 39.571-52
Т995

Рецензенты:

С. А. Гаврилов, д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе Национально-исследовательского ун-та «МИЭТ»;

А. В. Токарев, канд. техн. наук, подполковник, нач. лаб. «Перспективные системы радионавигации и радиосвязи» Военного учебно-научного центра ВВС Военно-воздушной академии им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина

Тяпкин, В. Н.

Т995 Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС: монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 260 с.

ISBN 978-5-7638-2639-5

Изложены принципы построения спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС. Особое внимание уделено относительным и угловым измерениям на основе глобальных радионавигационных спутниковых систем, методике ориентирования зенитных ракетных, радиолокационных систем и авиационных комплексов перехвата. Представлены результаты исследования погрешностей измерения местоположения подвижных объектов и пространственной ориентации с целью разработки методов их уменьшения, определены направления помехоустойчивости навигационной аппаратуры потребителя спутниковых радионавигационных систем.

Предназначена для широкого круга специалистов, занимающихся разработкой, производством и эксплуатацией аппаратуры потребителей спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС. Может быть полезна студентам, аспирантам и преподавателям высших учебных заведений при изучении дисциплин радиотехнического профиля.

УДК 629.056.8
ББК 39.571-52

ISBN 978-5-7638-2639-5

© Сибирский федеральный университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Глава 1. Методы измерения координат подвижных объектов военного назначения с применением СРНС.....	10
1.1. Перспективная тактика использования средств ПВО в современных условиях	10
1.2. Методы определения координат и параметров движения объектов потребителей СРНС	21
1.2.1. Системы координат, используемые в СРНС.....	21
1.2.2. Дальномерные методы	28
1.2.3. Псевдодальномерный метод.....	29
1.2.4. Разностно-дальномерный и псевдоразностно- дальномерный методы.....	33
1.2.5. Радиально-скоростной (доплеровский) метод.....	33
1.2.6. Псевдорадиально-скоростной (псевдодоплеровский) метод.....	35
1.2.7. Разностно-радиально-скоростной метод.....	36
1.2.8. Комбинированные методы.....	36
1.3. Особенности построения навигационной аппаратуры ГЛОНАСС и GPS.....	37
1.4. Источники погрешностей и точность навигационно-временных определений в СРНС	40
1.4.1. Составляющие погрешности, возникающие на этапе первичной обработки.....	41
1.4.2. Погрешности, возникающие вследствие неполного учета условий распространения радиоволн.....	45
1.4.3. Погрешности бортовой аппаратуры	65
1.4.4. Погрешности аппаратуры потребителя.....	66
1.4.5. Бюджет погрешностей определения псевдодальности и псевдоскорости.....	67
1.4.6. Погрешности, вносимые на этапе решения навигацион- ной задачи	68
Выводы	73
Глава 2. Методы измерения относительных координат на подвижных воздушных и наземных объектах военного назначения	75
2.1. Методы измерения относительных координат на основе кодо- вых измерений.....	77

2.1.1. Дифференциальный режим.....	77
2.1.2. Режим относительных измерений.....	79
2.2. Фазовые методы определения относительных координат объектов.....	83
2.3. Одномоментные переборные методы.....	88
2.4. Состав передаваемой информации.....	90
2.5. Применение псевдоспутников для определения относительных координат.....	93
2.6. Применение ретрансляторов для дистанционного определения координат объектов.....	94
2.7. Влияние условий прохождения распространения радиоволн на погрешность определения относительных координат.....	98
2.8. Пропуск числа периодов фазы.....	100
Выводы.....	102
Глава 3. Измерение угловой ориентации подвижных воздушных и наземных объектов военного назначения по сигналам СРНС.....	104
3.1. Принципы измерения угловой ориентации по сигналам СРНС.....	104
3.2. Определение пространственной ориентации трехмерных объектов.....	107
3.3. Методы разрешения фазовой неоднозначности.....	110
3.4. Одномоментные методы разрешения фазовой неоднозначности....	112
3.5. Разрешение фазовой неоднозначности в многобазовом интерферометре.....	122
3.6. Динамические методы определения угловой ориентации.....	131
Выводы.....	134
Глава 4. Комплексование инерциальных и спутниковых радионавигационных систем.....	136
4.1. Принципы построения интегрированных систем.....	136
4.2. Оптимальная инерциально-спутниковая навигационная система.....	138
4.3. Квазиоптимальные интегрированные инерциально-спутниковые навигационные системы.....	139
4.4. Существующие интегрированные инерциально-спутниковые системы.....	143
4.5. Выбор схемы комплексования для навигационной аппаратуры потребителя и инерциальной навигационной системы.....	146
4.6. Комплексование СРНС с инерциальной системой на уровне первичной обработки.....	148

4.7. Комплексование инерциальной и спутниковой радионавигационной аппаратуры при измерении пространственной ориентации.....	149
4.8. Построение линии сигналов в пространстве фазовых сдвигов двух навигационных спутников.....	152
4.9. Экспериментальные исследования алгоритма комплексования.....	157
4.10. Использование данных ИНС для управления диаграммой направленности антенны навигационной аппаратуры потребителя при маневрировании объекта.....	159
4.11. Результаты испытаний аппаратуры МРК-11 в комплексе с инерциальной системой.....	160
4.12. Результаты экспериментальной оценки угловой скорости.....	164
Выводы.....	167
Глава 5. Применение спутниковой радионавигации для повышения боевых возможностей зенитных ракетных и радиотехнических войск.....	168
5.1. Принципы определения пространственной ориентации в зенитных ракетных комплексах.....	168
5.2. Принципы определения пространственной ориентации радиолокационных станций.....	175
5.3. Определение пространственной ориентации вращающегося объекта с использованием антенной системы, состоящей из одной антенны.....	178
5.4. Погрешности угломерной аппаратуры, расположенной на вращающемся объекте.....	186
5.5. Применение боевой авиации с использованием аппаратуры спутниковых радионавигационных систем.....	192
Выводы.....	198
Глава 6. Повышение помехоустойчивости аппаратуры потребителей СРНС.....	200
6.1. Обоснование необходимого соотношения сигнал/помеха на входе приемника навигационной аппаратуры потребителя при воздействии помех.....	202
6.1.1. Возможности вероятного противника по организации радиоэлектронного противодействия.....	202
6.1.2. Обоснование необходимого соотношения сигнал/помеха для помехозащищенной навигационной аппаратуры потребителя.....	208

Оглавление

6.2. Основные направления защиты навигационной аппаратуры потребителя от преднамеренных помех	209
6.2.1. Использование помехоустойчивых сигналов спутнико- вых радионавигационных систем.....	209
6.2.2. Пространственная селекция помех	210
6.2.3. Фильтрация помех	226
6.2.4. Поляризационная селекция помех	242
Выводы	243
Заключение	244
Список литературы.....	246

ВВЕДЕНИЕ

Спутниковая радионавигация является одним из перспективных направлений прикладной космонавтики. Она определяет качественно новый уровень координатно-временного обеспечения наземных, морских, воздушных и космических потребителей [1–10]. Это подтверждается такими важными преимуществами современных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) типа ГЛОНАСС и GPS (NAVSTAR), как глобальность рабочей зоны, неограниченная пропускная способность, скрытность, живучесть, беспрецедентно высокая точность и непрерывность измерений пространственных координат потребителей, их скорости движения и пространственной ориентации, текущего времени и т. д. Указанные свойства позволяют исследовать вопрос о возможности использования в перспективе СРНС в качестве единственного средства для определения местоположения летательного аппарата (ЛА) и времени. В настоящее время предусматривается использование СРНС не только в целях навигации, но и для наблюдения за воздушным пространством при управлении воздушным движением (УВД) – принцип зависимого наблюдения. Кроме того, предполагается использование СРНС для сокращения минимума эшелонирования, обеспечения опознавания ЛА в рамках реализации концепции координатно-временного опознавания «свой–чужой».

Особо важную роль применение СРНС играет при обеспечении боевых действий военно-воздушных сил (ВВС) и воздушно-космической обороны (ВКО), эффективность которых находится в прямой зависимости от времени и качества привязки мобильных огневых комплексов, средств разведки и обеспечивающих сил к местности театра военных действий.

В работах В. Н. Харисова, В. С. Шебшаевича, В. П. Поля, Ю. В. Глобенко создана теоретическая база для разработки принципов построения радионавигационных систем (РНС) различного назначения, алгоритмов их функционирования, обеспечения достаточных точностей измеренных параметров с учетом многих факторов. Теория и техника угломерных измерений по сигналам СРНС рассматривалась в работах Красноярской научной школы профессорами В. И. Кокориным, М. К. Чмых, Ю. Л. Фатеевым и Томскими исследователями: В. П. Денисовым, Г. С. Шарыгиным, Ю. П. Акулиничевым и др., а также зарубежными учеными: Р. Axelrad, F. VanGraas, M. Braasch [11–20].

Однако в области угломерных измерений на быстроперемещающихся в пространстве и вращающихся объектах, в частности, боевой авиации, в радиолокационных и зенитных ракетных системах (ЗРС), существуют ощутимые проблемы в разработке методов и средств использования СРНС в качестве основного средства повышения тактико-технических параметров объектов ВКО в условиях маневренного боя.

Таким образом, существует задача навигационного обеспечения мобильных средств ВКО, из которой вытекает **научная проблема**, решаемая в монографии, – теоретическое обобщение и развитие методологии разработки принципов построения угломерной навигационной аппаратуры потребителя (НАП) с новейшими характеристиками на основе глобальных СРНС и их практическое внедрение в современные и перспективные образцы вооружения ВКО и авиационной техники.

Цель исследования – повышение эффективности навигационного обеспечения мобильных средств ВКО за счет развития методологии разработки приемной аппаратуры потребителей навигационной информации, устойчивой к действию организованных помех.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Исследование средств воздушно-космического нападения (СВКН) вероятного противника, состояния и перспектив развития воздушно-космической обороны (ВКО) и противоракетной обороны (ПРО) Российской Федерации.

2. Анализ методов определения местоположения и пространственной ориентации объектов по сигналам СРНС.

3. Исследование погрешностей измерения местоположения подвижных объектов и пространственной ориентации с целью разработки методов их уменьшения.

4. Теоретическое и экспериментальное обоснование требований к навигационной аппаратуре для обеспечения новой тактики действий средств ВКО как высокоманевренных сил.

5. Разработка алгоритмов и методов использования угломерной НАП СРНС в современных и перспективных мобильных ЗРС, системах ВКО и боевой авиации.

6. Исследование потенциальных возможностей одномоментных методов разрешения неоднозначности измерения фазовых сдвигов сигналов СРНС, принятых на разнесенные антенны.

7. Разработка методов увеличения помехоустойчивости НАП СРНС.