

ОРИЕНТАЦИЯ И НАВИГАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

**СОВРЕМЕННЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Под общей редакцией
Б.С. Алешина,
К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского

МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ
2006

.удл. oza./ I-J01.000
ББК 39.471.1+39.57+39.67
0 63

/*/
г» < **Ф р и**
**
*поддержке Российского фонда
фундаментальных исследова-
ний по проекту 05-01-14-0940*

Авторский коллектив:

Б. С. Алёшин, А. А. Афонин, К. К. Веремеенко, Б. В. Кошелев, В. Е. Плеханов,
В. А. Тихонов, А. В. Тювин, Е. П. Федосеев, А. И. Черноморский

Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Под ред. Б. С. Алёшина, К. К. Веремеенко, А. И. Черноморского. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 424 с. - ISBN 5-9221-0735-6.

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

Книга представляет интерес для специалистов, работающих в области навигационных приборов, систем и комплексов, а также для аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

549. в и S

БИБЛИОТЕКА

Технологически* институт
ЮФУ Й г.Таганрога

ISBN 5-9221-0735-6

© ФИЗМАТЛИТ, 2006

© Б. С. Алёшин, К. К. Веремеенко,
А. И. Черноморский, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

s

:-зные сокращения
тение.

Глава 1. Состав и конфигурация комплексов ориентации и навигации различных типов подвижных объектов

- 1.1. Особенности целевых задач, решаемых подвижными объектами, и их влияние на состав комплексов ориентации и навигации. . .
- 1.2. Обобщенное представление о структуре и функциональном составе комплексов ориентации и навигации.
- 1.3. Состав и структура комплексов ориентации и навигации подвижных объектов
 - 1.3.1. Бортовой комплекс ориентации и навигации авиационного применения (20). 1.3.2. Комплекс ориентации и навигации воздушно-космического самолета (24). 1.3.3. Гравиинерциальный навигационный комплекс малоразмерного подводного аппарата с использованием бесплатформенных технологий (29). 1.3.4. Комплекс ориентации и навигации автономного подводного аппарата с использованием акустических систем (33). 1.3.5. Комплекс ориентации и навигации одноосной колесной транспортной платформы (38).

Глава 2. Математическое обеспечение комплексов ориентации и навигации.

- 2.1. Роль программно-математического обеспечения в формировании облика КОН.
- 2.2. Структура общего алгоритма КОН и характеристика его составляющих
- 2.3. Алгоритмы обработки информации в КОН
 - 2.3.1. Алгоритмы первичной обработки информации (59).
 - 2.3.2. Алгоритмы оптимального оценивания при комплексировании КОН (71). 2.3.3. Метод наименьших квадратов (73).
 - 2.3.4. Оптимизация наблюдений при использовании МНК (76).
 - 2.3.5. Структура и уравнения линейного оценивающего фильтра (89). 2.3.6. Фильтр Калмана и уравнение Риккати (93).
 - 2.3.7. Структурная адаптация фильтра Калмана в КОН (101).
 - 2.3.8. Параметрическая нечеткая (Fuzzy) адаптация фильтра Калмана (111). 2.3.9. Методы апертурного оценивания (118).
 - 2.3.10. Метод эллипсоидов (123).

Глава 3. Современные бортовые вычислительные системы в решении задач КОН

- 3.1. Основные концептуальные особенности построения бортовых вычислительных систем КОН
- 3.2. Архитектура современных и перспективных бортовых вычислительных систем КОН

3.3. Средства передачи информации современных и перспективных бортовых вычислительных систем КОН	140
3.4. Современные средства реализации программного обеспечения бортовых вычислительных систем КОН	150
3.4.1. Технология проектирования бортового программного обеспечения КОН (150). 3.4.2. Выбор инструментальных средств (CASE-средств) поддержки разработки программного обеспечения КОН (157). 3.4.3. Выбор операционной системы реального времени для решения задач КОН (160). 3.4.4. Выбор языка программирования для решения задач КОН (188).	
Глава 4. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы	190
4.1. Требования, предъявляемые к БИНС как к информационному ядру КОН	191
4.2. Функциональные алгоритмы БИНС для подвижных объектов различных типов	199
4.2.1. Системы координат в задачах алгоритмического обеспечения БИНС (199). 4.2.2. Функциональные алгоритмы определения навигационных параметров характерных подвижных объектов (202). 4.2.3. Функциональные алгоритмы определения угловых параметров ориентации и навигации (215). 4.2.4. Алгоритмы функционально-избыточного инерциального измерительного блока (219).	
4.3. Унифицированный алгоритм БИНС	226
4.4. Математическая модель первого порядка возмущенного режима работы БИНС с унифицированным алгоритмом	230
4.4.1. Общие положения (230). 4.4.2. Математическая модель ухода базовой информационной системы координат БИНС (231). 4.4.3. Математическая модель инструментальных погрешностей ИИБ БИНС (232). 4.4.4. Уравнения ошибок вычисления координат и скорости подвижного объекта (233). 4.4.5. Уравнения ошибок определения угловых параметров навигации и ориентации (234).	
4.5. Алгоритмические аспекты эскизного проектирования ИИБ БИНС по заданной точности информационного обеспечения КОН подвижного объекта	237
Глава 5. Спутниковые навигационные системы как основное средство коррекции КОН	241
5.1. Основные компоненты спутниковых навигационных систем и их краткая характеристика	241
5.2. Общий подход к определению координат и скоростей	249
5.3. Структура сигналов систем	254
5.4. Принцип измерений радионавигационных параметров	258
5.5. Основные факторы, вызывающие погрешности измерений, и точностные характеристики систем	260
5.6. Дифференциальный режим спутниковых систем и его использование	263

5.7. Спутниковые системы ориентации	271
5.8. Варианты использования информации спутниковых систем для целей коррекции комплексов	273
Глава 6. Инерциальные чувствительные элементы и гравиметры для комплексов ориентации и навигации	281
6.1. Общая характеристика инерциальных чувствительных элементов	281
6.2. Микромеханические гироскопы и акселерометры	288
6.2.1. Микромеханические гироскопы (290). 6.2.2. Микромеханические акселерометры (300). 6.2.3. Оценки предельных минимальных погрешностей микромеханических гироскопов и акселерометров (303).	
6.3. Гравиметры для гравиинерциальных измерений.	313
6.3.1. Криогенный гравиметр (313). 6.3.2. Модуляционный динамический гравиметр (319).	
Глава 7. Алгоритмическое обеспечение комплексов ориентации и навигации для некоторых прикладных задач	331
7.1. Алгоритмы инерциально-спутниковых комплексов авиационного применения	331
7.2. Функциональные алгоритмы комплекса ориентации и навигации воздушно-космического самолета	344
7.3. Функциональные алгоритмы гравиинерциального навигационного комплекса малоразмерного подводного аппарата	349
7.4. Функциональные алгоритмы комплексной измерительной системы ориентации и навигации одноосной колесной транспортной платформы	359
7.5. Алгоритмы КОН автоматического необитаемого подводного аппарата с применением акустических систем	368
7.6. Использование нейронных сетей в алгоритмах БИНС и комплексах ориентации и навигации	375
Глава 8. Структурные алгоритмы систем обеспечения безопасности полета	391
8.1. Бортовая система предотвращения столкновений	391
8.2. Система раннего предупреждения близости земли	397
8.3. Программный комплекс моделирования БСПС и СРПБЗ	406
Список литературы	413