

УДК 621.396.93/.96 (076.5)

ББК 32.84

В61

Р е ц е н з е н т ы:

зам. начальника центра ц13 АО «Российские космические системы», доктор техн. наук, профессор *В. В. Бетанов*;

кафедра информационной безопасности
ГБОУ ВО МО «Технологический университет»

Вовасов В. Е., Герко С. А.

В61 Комплексирование радиотехнических систем управления с другими информационными датчиками. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2023. – 242 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0860-4.

Проанализированы существующие системы инерциальной навигации и перспективы их развития. Приведены типы, состав и характеристики устройств и систем, содержащих интегрированную навигационно-спутниковую навигационную систему (ИНС/СНС). Описаны области применения ИНС/СНС в системах БПЛА, высокоточной аэрофотосъёмки, на автотранспорте, в системах управления ориентацией космических аппаратов. Рассмотрено решение задач навигации и ориентации автономными системами, определение координат транспортного средства по данным спутниковых измерений и измерений инерциального блока.

Для студентов вузов, обучающихся по специальностям: 24.03.02 – «Системы управления движением и навигация», 24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», 24.05.06 – «Системы управления летательными аппаратами», 24.05.05.С5 – «Приборы и измерительно-вычислительные комплексы ЛА», 11.05.01 – «Радиоэлектронные системы и комплексы», будет полезно аспирантам и специалистам в области радионавигации.

ББК 32.84

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Тиражирование книги начато в 2020 г.

Все права защищены.

Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения правообладателя.

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»
www.techbook.ru

© В.Е. Вовасов, С.А. Герко

Оглавление

Предисловие	3
1. Анализ существующих систем инерциальной навигации и перспективы их развития	5
1.1. Инерциальная навигационная система	5
1.2. Потенциально достижимая точность ИНС, перспективы дальнейшего использования ИНС	10
1.3. Типы гироскопов и их точностные характеристики ...	14
1.4. Типы акселерометров и их точностные характеристики	20
1.5. Некоторые производители инерциальных датчиков, характеристики продукции	26
1.6. Характеристики продукции компании Analog Devices .	28
1.7. Новые МЭМС-датчики STMicroelectronics	35
1.8. Исторический экскурс и текущее состояние	41
1.9. Перспективы развития инерциальных датчиков	50
2. Решение задач навигации и ориентации автономными системами	58
2.1. Системы координат и основные уравнения навигации	58
2.2. Особенность решения задачи ориентации в БИНС	60
2.3. Инициализация, выставка и калибровка ИНС	62
2.4. Способы реализации алгоритмов обработки информации в БИНС	65
2.5. Принципы навигации и ориентации по сигналам ГНСС	67
3. Интегрированная навигационная система	79
3.1. Структура и состав интегрированной навигационной системы	79
3.2. Технологии МЭМС	81
3.3. Интеграция ГНСС и ИНС	83
3.4. Примеры серийных инерциально-спутниковых навигационных систем	103
3.5. Технологии создания интегрированных навигационных систем FSAS SPAN компании Novatel	105
4. Области применения интегрированных систем навигации	109

4.1. Необходимость применения интегрированных навигационных систем	109
4.2. Пилотно-пилотажные системы	110
4.3. Навигационные системы беспилотных летательных аппаратов	114
4.4. Система высокоточной аэрофотосъемки	123
4.5. Космические интегрированные навигационные системы	132
4.6. Использование интеграции в системах управления ориентацией космических аппаратов	133
4.7. Использование интегрированных навигационных систем на автотранспорте	138
4.8. Мобильная испытательно-диагностическая лаборатория для проведения испытаний навигационной аппаратуры потребителя.....	142
4.9. Примеры существующих устройств и систем, использующих ИНС/GPS	148
4.10. Существующие и перспективные требования к координатно-временному и навигационному обеспечению потребителей автомобильного транспорта	152
4.11. Особенности применения интегрированных бесплатформенных инерциальных навигационных систем на железнодорожном транспорте	155
4.12. Существующие и прогнозируемые требования потребителей железнодорожного транспорта к навигационному обеспечению при решении различных задач	157
4.13. Индивидуальные инерциальные системы навигации для пешеходов	159
5. Определение координат транспортного средства по данным спутниковых измерений и измерений инерциального блока	164
5.1. Системы координат и параметры движения ТС	164
5.2. Выражение измерений приемников ГЛОНАСС/GPS через параметры движения ТС	166
5.3. Связь измерений инерциальных блоков с параметрами движения ТС (общий случай)	167
5.4. Установка инерциального блока на автомобиле и связь измерений с параметрами движения.....	169
5.5. Методы обработки информации при определении параметров движения ТС по измерениям инерциальных блоков и приемников ГЛОНАСС/GPS.....	171

6. Использование алгоритма калмановской фильтрации в интегрированных навигационных системах ..	182
6.1. Фильтр Калмана	182
6.2. Используемая модель измерений и динамической системы	192
6.3. Входные и выходные данные	193
6.4. Асимптотические свойства	195
6.5. Примеры использования фильтра Калмана	197
6.6. Нелинейная фильтрация	201
6.7. Адаптивная фильтрация	201
6.8. Примеры использования фильтров калмановского типа	202
Перечень сокращений	237