



В.А. Бухалёв
А.А. Скрынников
В.А. Болдинов

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ПОМЕХОЗАЩИТА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ



**В.А. Бухалёв
А.А. Скрынников
В.А. Болдинов**

**АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ
ПОМЕХОЗАЩИТА
БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**



**МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2018**

УДК 519.246.2
ББК 22.17
Б 94



*Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований по проекту 18-18-00014,
не подлежит продаже*

Бухалёв В. А., Скрынников А. А., Болдинов В. А. **Алгоритмическая помехозащита беспилотных летательных аппаратов.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. — 192 с. — ISBN 978-5-9221-1808-8.

В монографии изложены основные принципы, методы и алгоритмы построения систем распознавания, оценивания и управления, повышающих устойчивость систем наведения беспилотных летательных аппаратов к информационному, маневренному и поражающему противодействиям со стороны воздушных, наземных и морских объектов.

Методы синтеза алгоритмов основаны на теории систем со случайной скачкообразной структурой с использованием марковских процессов, байесовской обработки информации, динамического программирования и игрового минимаксного управления.

Книга адресована научным сотрудникам, инженерам, аспирантам и учащимся вузов, специализирующимся в области информационно-управляющих систем.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Список обозначений	10

I. Противодействие наведению БПЛА и помехозащита систем управления

Глава 1. Характеристики измерительно-информационных систем и систем противодействия	14
1.1. Классификация, назначение и функциональная схема системы управления БПЛА	14
1.2. Средства и способы информационного, маневренного и поражающего противодействия	16
1.3. Многоканальный прием и предварительная обработка сигналов в системах управления	19
Глава 2. Методы синтеза информационно-управляющих алгоритмов	22
2.1. Основные понятия и определения теории алгоритмической защиты БПЛА от противодействия и теории систем со случайной скачкообразной структурой	22
2.2. Оптимизация информационно-управляющих алгоритмов в системах со случайной скачкообразной структурой	27
2.3. Приближенно-оптимальные алгоритмы, реализуемые в бортовых ЭВМ БПЛА	28

II. Алгоритмы обработки информации в БПЛА в условиях противодействия

Глава 3. Методы оптимального распознавания и оценивания сигналов в различных условиях приема скачкообразных имитационных помех	32
3.1. Раздельный прием сигнала и помехи в линейной системе	32
3.1.1. Постановка задачи	33
3.1.2. Алгоритм обработки информации	36
3.1.3. Анализ алгоритма	40
3.2. Раздельный прием полезного сигнала и помехи в нелинейной системе	42
3.2.1. Постановка задачи	43
3.2.2. Алгоритм обработки информации	46
3.2.3. Анализ алгоритма	53

3.3. Совместный прием полезного сигнала и помехи в линейной системе	55
3.3.1. Постановка задачи	55
3.3.2. Алгоритм комплексной обработки информации	58
3.4. Совместный прием полезного сигнала и помехи в нелинейной системе	63
3.4.1. Постановка задачи	63
3.4.2. Алгоритм обработки информации	64
Глава 4. Распознавание и оценивание сигналов при информационном и поражающем противодействии	68
4.1. Модель относительного движения БПЛА и объекта	68
4.2. Распознавание и оценивание состояния пассивных систем при перерывах информации	70
4.3. Распознавание и оценивание состояния активных и корреляционных систем при перерывах информации	74
4.4. Обработка информации при огибании рельефа местности с облетом опасных препятствий	78
4.5. Распознавание состояния наземного объекта при авианалетах	81
Глава 5. Распознавание и оценивание сигналов при информационно-маневренном противодействии	86
5.1. Распознавание и оценивание противоракетного маневра воздушной цели	86
5.2. Селекция воздушной цели в группе объектов в инфракрасной системе наведения	89
5.3. Автосопровождение воздушной цели в условиях инфракрасных помех	94
5.4. Оценивание дальности до цели по измерениям облученности в инфракрасной системе	99
5.5. Распознавание целей в телевизионных, тепловизионных и радиоэлектронных системах	103
5.6. Распознавание воздушной цели в матричной инфракрасной системе наведения	108
 III. Алгоритмы управления БПЛА в условиях противодействия	
Глава 6. Законы управления БПЛА	113
6.1. Управление вероятностным распределением информационных различительных признаков	113
6.2. Управление авианалетами на ремонтируемый наземный объект	121
6.3. Огибание рельефа местности с использованием сглаженной оценки высоты полета	125
6.4. Огибание рельефа местности с облетом опасных препятствий	130
6.5. Наведение по заданной траектории	134
6.6. Наведение на цель, совершающую противоракетный маневр	138
6.7. Управление траекторией при полете на максимальную дальность	142
6.8. Наведение с заданным углом подхода к маневрирующей цели	146

Глава 7. Игровые информационно-управляющие алгоритмы	150
7.1. Игровое управление перерывами информации в чистых стратегиях	150
7.1.1. Информационно-управляющий алгоритм игрока <i>A</i> (БПЛА)	155
7.1.2. Информационно-управляющий алгоритм игрока <i>B</i> (постановщика помех)	160
7.2. Игровое управление перерывами информации в смешанных стратегиях	161
7.2.1. Информационно-управляющий алгоритм (БПЛА) игрока <i>A</i>	163
7.2.2. Информационно-управляющий алгоритм игрока <i>B</i> (постановщика помех)	164
7.3. Игровое наведение на маневрирующую цель в условиях скачкообразных помех и возмущений	166
7.4. Игровое управление перерывами информации при наведении на цель, совершающую противоракетный маневр.	172
7.4.1. Постановка задачи	172
7.4.2. Информационно-управляющий алгоритм (БПЛА) игрока <i>A</i>	176
7.4.3. Информационно-управляющий алгоритм игрока <i>B</i> (маневрирующего постановщика помех)	179
7.5. Игровое наведение с заданным углом подхода к маневрирующей цели	180
Список литературы	184
Об авторах	187