

А.В. Леншин, Н.М. Тихомиров, С.А. Попов



БОРТОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ

Под редакцией доктора технических наук,
профессора А.В. Леншина

Изложены решаемые задачи, теоретические основы построения и функционирования бортовых радиоэлектронных систем связи, навигации, обработки информации, прицеливания и управления вооружением, радиоэлектронной борьбы. Рассмотрены основные типы бортовых радиоэлектронных средств, комплексов и систем.

БОРТОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ
ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ



А.В. Леншин
Н.М. Тихомиров
С.А. Попов

БОРТОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ



2021



ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ
«ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ
имени профессора Н.Е. ЖУКОВСКОГО и Ю.А. ГАГАРИНА»
(г. Воронеж)

А.В. Леньшин, Н.М. Тихомиров, С.А. Попов

**БОРТОВЫЕ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ
ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ**

Учебное пособие

Под редакцией
доктора технических наук, профессора А.В. Леньшина

2-е издание, переработанное и дополненное



Воронеж
Издательско-полиграфический центр
«Научная книга»
2021

УДК 621.3
ББК 32.84
Л46

Рецензенты:

доктор технических наук,
старший научный сотрудник *С.П. Баринов*
(АО «Концерн «Радиоэлектронные технологии»),
доктор технических наук, профессор *В.П. Лихачев*
(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»)

Леньшин, А.В.

Л46 Бортвые радиоэлектронные системы. Основы построения : учебное пособие / А.В. Леньшин, Н.М. Тихомиров, С.А. Попов ; под ред. А.В. Леньшина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2021. – 486 с. – ISBN 978-5-4446-1521-8. – Текст : непосредственный.

Изложены теоретические основы построения и функционирования бортовых радиоэлектронных систем связи, навигации, обработки информации, прицеливания и управления вооружением, радиоэлектронной борьбы. Рассмотрены основные типы бортовых радиоэлектронных средств, комплексов, систем и задачи, решаемые ими.

Учебное пособие адресовано адъюнктам, курсантам и слушателям ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), обучающихся по специальности «Техническая эксплуатация и восстановление энергосистем и пилотажно-навигационных комплексов боевых летательных аппаратов». Может быть полезно специалистам, занимающимся проблемами бортовых радиоэлектронных систем.

Учебное пособие разработано на кафедре эксплуатации бортового авиационного радиоэлектронного оборудования ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина».

УДК 623.3
ББК 32.84

© Леньшин А.В., Тихомиров Н.М.,
Попов С.А., 2021
© Оформление.
Издательско-полиграфический центр
«Научная книга», 2021

ISBN 978-5-4446-1521-8

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных сокращений	7
ВВЕДЕНИЕ	9
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОСИГНАЛАХ И БОРТОВОМ РАДИОЭЛЕКТРОННОМ ОБОРУДОВАНИИ	12
1.1. Назначение, решаемые задачи и принципы построения бортового радиоэлектронного оборудования	12
1.2. Представление радиосигналов	18
1.3. Основы теории распространения радиоволн	26
1.3.1. Влияние тропосферы на распространение радиоволн	30
1.3.2. Влияние ионосферы на распространение радиоволн	33
1.3.3. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов	36
1.4. Основные характеристики и параметры антенн	42
1.5. Архитектура радиопередающих устройств	55
1.6. Архитектура радиоприемных устройств	62
Контрольные вопросы	75
Глава 2. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА	77
2.1. Методы измерения дальности	77
2.2. Методы измерения угловых координат	85
2.3. Доплеровский метод измерения скорости	93
2.4. Методы определения местоположения ВС	97
Контрольные вопросы	103
Глава 3. АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ	105
3.1. Классификация, решаемые задачи и основные требования к авиационным средствам связи	105
3.2. Оконечная аппаратура авиационных систем связи. Элек- троакустические преобразователи	111
3.2.1. Микрофоны	112
3.2.2. Ларингофоны	120
3.2.3. Телефоны и громкоговорители	121
3.3. Бортвые устройства записи речевой информации	125

3.3.1. Самолетные магнитофоны	126
3.3.2. Принцип цифровой звукозаписи	132
3.3.3. Цифровые регистраторы звуковой информации	136
3.4. Аппаратура внутренней связи	139
3.5. Бортовые авиационные радиостанции	143
3.6. Бортовой комплекс средств связи многоцелевого истребителя С-107-2	153
3.7. Цифровой комплекс средств связи С-111 для перспективного многофункционального истребителя	159
3.8. Перспективные авиационные комплексы радиосвязи	168
Контрольные вопросы	181
Глава 4. АВИАЦИОННЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	182
4.1. Общие сведения о задачах навигации воздушных судов. Классификация радионавигационных систем	182
4.2. Доплеровские измерители скорости и угла сноса	188
4.3. Радиовысотомеры	199
4.3.1. Общие сведения о радиовысотомерах	199
4.3.2. Частотные радиовысотомеры	202
4.3.3. Импульсные радиовысотомеры	205
4.4. Автоматические радиоконпасы	208
4.5. Радиотехнические системы дальней навигации	218
4.5.1. Фазовые РСДН СДВ-диапазона	219
4.5.2. Импульсно-фазовые РСДН ДВ-диапазона	224
4.6. Радиотехнические системы ближней навигации	228
4.6.1. РСБН дециметрового диапазона	231
4.6.2. РСБН метрового диапазона	235
4.7. Системы посадки	239
4.7.1. Общая характеристика систем посадки	239
4.7.2. Принцип действия системы посадки	246
4.8. Спутниковые радионавигационные системы	250
4.8.1. Общие сведения о спутниковых РНС	251
4.8.2. Состав и основные функции спутниковых РНС	260
4.9. Глобальные навигационные спутниковые системы	266
4.9.1. GPS (Global Positioning System)	266

4.9.2. ГЛОНАСС	271
4.9.3. BDS (BeiDou Navigation Satellite System)	278
4.9.4. Галилео (Galileo)	284
4.10. Региональные навигационные спутниковые системы	290
4.10.1. IRNSS (NavIC)	290
4.10.2. QZSS (Quasi-Zenith Satellite System)	292
4.11. Системы функциональных дополнений ГНСС	295
4.12. Системы предупреждения столкновений	297
4.13. Комплексование инерциальных и спутниковых радионавигационных систем	305
Контрольные вопросы	310
Глава 5. АВИАЦИОННЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	313
5.1. Общие сведения о РЛС. Классификация РЛС	313
5.2. Тактико-технические параметры РЛС	322
5.3. Системы опознавания	324
5.4. РЛС перехвата и прицеливания	329
5.4.1. Внешнее наведение истребителя	333
5.4.2. Автономное наведение истребителя	336
5.5. РЛС обзора земной поверхности	344
5.6. РЛС профильного полета	353
5.7. Метеонавигационные РЛС	357
5.8. Многофункциональные РЛС	360
5.8.1. Основные характеристики и задачи, решаемые многофункциональными РЛС	360
5.8.2. Применение истребителей при уничтожении воздушных и наземных целей с использованием МФ РЛС	369
5.9. БРЛС военной авиации России	372
5.10. Направления развития БРЛС истребителей	377
Контрольные вопросы	379
Глава 6. АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ	381
6.1. Составные части РЭБ	381
6.2. Задачи РЭБ в ВВС. Классификация авиационных средств РЭБ	385
6.3. Общая характеристика БКО ВС военного назначения	388

6.4. Классификация радиоэлектронных помех	394
6.5. Виды РЭР. Задачи и этапы РТР	400
6.6. Структурная схема бортовой станции РТР	404
6.7. Станции предупреждения об облучении	406
6.8. Радиоэлектронная защита бортовых РЭС	409
6.9. Радиолокационные ловушки	412
6.10. Станции активных помех	416
6.11. Комплекс средств РЭП самолета Су-30СМ	421
6.11.1. СПО Л-150-30-СМ	422
6.11.2. Станция активных помех САП 518-СМ	424
6.11.3. Аппаратура АУЦ-30-01-СМ	435
6.11.4. Устройство выброса УВ-30МКР	437
6.11.5. Программа подготовки данных предполетного про- граммирования	438
Контрольные вопросы	443
Глава 7. АВИАЦИОННЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ	445
7.1. Назначение, решаемые задачи и классификация авиаци- онных радиоэлектронных комплексов	445
7.2. Принципы построения авиационных РЭК	451
7.3. Авиационные РЭК интегрального типа	458
7.4. Направления развития авиационных РЭК	469
Контрольные вопросы	480
Список литературы	482

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АМ	—	амплитудная модуляция (амплитудно-модулированный)
АР	—	антенная решетка
АРК	—	автоматический радиокompас
АРО	—	аппаратура речевого оповещения
АСП	—	авиационные средства поражения
АРЭК	—	авиационный радиоэлектронный комплекс
АЦП	—	аналого-цифровое (-й) преобразование (-тель)
БВС	—	бортовая вычислительная система
БКО	—	бортовой комплекс обороны
БРЭО	—	бортовое радиоэлектронное оборудование
БРЛС	—	бортовая радиолокационная система
БПЛА	—	беспилотный летательный аппарат
ВС	—	воздушное судно
ВСК	—	встроенная система контроля
ГСН	—	головка самонаведения
ДИСС	—	доплеровский измеритель скорости и угла сноса
ДН	—	диаграмма направленности
ДНА	—	диаграмма направленности антенны
ИИ	—	источник излучения
ИРФ	—	измеритель разности фаз
КВ	—	короткие волны
КП	—	командный пункт
КПД	—	коэффициент полезного действия
КРП	—	курсовой радиоприемник
КРЭБ	—	комплекс радиоэлектронной борьбы
ЛП	—	линия положения
ЛЧМ	—	линейно-частотная модуляция
СОЭП	—	станция оптико-электронного подавления
ОЭПрНК	—	оптико-электронный прицельно-навигационный комплекс
ОЭС	—	оптико-электронное средство
ППР	—	противорадиолокационная ракета

ППРЧ	–	программная перестройка рабочей частоты
ПРД	–	радиопередатчик
ПрНК	–	прицельно-навигационный комплекс
РВ	–	радиовысотомер
РЛИ	–	радиолокационное изображение
РЛС	–	радиолокационная система
РЛПК	–	радиолокационный прицельный комплекс
РНС	–	радионавигационная система
РМ	–	радиомаяк
РПрУ	–	радиоприемное устройство
РС	–	радиостанция
РСБН	–	радиотехническая система ближней навигации
РСДН	–	радиотехническая система дальней навигации
РСП	–	радиотехническая система посадки
РТО	–	радиотехническое обеспечение
РЭБ	–	радиоэлектронная борьба
РЭО	–	радиоэлектронное оборудование
РЭП	–	радиоэлектронное подавление
РЭС	–	радиоэлектронное средство
САП	–	станция активных помех
СГУ	–	самолетное громкоговорящее устройство
СДВ	–	сверхдлинные волны
СЕИ	–	система единой индикации
СИУК	–	система индикации, управления и контроля
СПУ	–	самолетное переговорное устройство
СРС	–	средства радиосвязи
СУВ	–	система управления вооружением
СЧ	–	синтезатор частот
УИД	–	устройство измерения дальности
УКВ	–	ультракороткие волны
ФАР	–	фазированная антенная решетка
ФМ	–	фазовая модуляция (фазомодулированный)
ЦАП	–	цифро-аналоговое (-ый) преобразование (-тель)
ЧМ	–	частотная модуляция (частотно-модулированный)
ЭМС	–	электромагнитная совместимость

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие разработано в соответствии с учебной программой федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по дисциплине «Бортовые радиоэлектронные системы».

Авиация во все времена со дня ее создания играла важную роль в достижении военного превосходства в военных конфликтах, как мирового масштаба, так и в локальных войнах. Скорость и универсальность самолетов увеличивается, а заметность для радаров уменьшается. Современная авиация может в одиночку решить исход военного конфликта, или ключевым образом повлиять на него. В составе ВВС находится более 3 тысяч летательных аппаратов, за последнее время автопарк обновился более чем на 65 % [1].

Боевые самолеты и вертолеты с каждым годом получают все более совершенные радиоэлектронные системы и более мощное вооружение. Современный этап развития бортовых радиоэлектронных систем характеризуется существенным повышением конфликтной устойчивости их функционирования в сложной радиоэлектронной обстановке (РЭО) [2, 3].

Действия Военно-космических сил (ВКС) России в Сирии стали примером беспрецедентного в истории отечественной авиации успеха при минимуме потерь. Впечатляет почти полное отсутствие потерь при высокой интенсивности полетов в весьма тяжелых природно-климатических условиях. Для ВКС России Сирия стала своего рода полигоном для отработки нового вооружения (Су-30СМ, Су-35С, Су-57) и новой тактики [4]. Зарубежные специалисты провели детальный анализ ТТХ истребителей Су-27СМ3, Су-30СМ, Су-35С, бомбардировщиков Су-24М, Су-34, штурмовиков Су-25СМ2,3, стратегических бомбардировщиков Ту-95МС, Ту-22М3, Ту-160, а также вертолетов Ми-24 и Ми-8 и отметили их высокую эффективность [5].

В основу учебного пособия положены материалы лекций по дисциплине «Бортовые радиоэлектронные системы» в ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ранее опубликованные учебные пособия и оригиналы.

нальные работы авторов. Числовые характеристики и значения параметров бортовых радиоэлектронных средств, комплексов и систем взяты из материалов, опубликованных в открытой печати.

Авторы стремились изложить материал пособия с учетом последних исследований и достижений в области авиационного радиоэлектронного оборудования. Учебное пособие разбито на семь глав.

В первой главе анализируются задачи бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО), рассматриваются общие сведения о радиосигналах, основы теории распространения радиоволн, общие вопросы построения антенн, архитектура радиоприемных и радиопередаточных устройств.

Во второй главе приведены принципы построения бортового радиоэлектронного оборудования, радиотехнические методы измерения параметров движения воздушного судна: дальности и угловых координат. Особое место отводится доплеровскому методу измерения скорости и методам определения местоположения ВС.

В третьей главе рассмотрены принципы построения и классификация авиационных средств радиосвязи, основные требования к системам связи. Описаны виды оконечной аппаратуры авиационных систем связи, электроакустические преобразователи, бортовые магнитофоны и речевые информаторы, самолетные переговорные устройства. Проанализированы особенности построения бортовых радиостанций, комплексов средств связи С-107-2 и С-111, перспективы развития авиационных комплексов радиосвязи.

Четвертая глава посвящена авиационным радионавигационным системам, доплеровским измерителям скорости и угла сноса, частотным и импульсным радиовысотомерам, радиоконпасам. Рассмотрены радиотехнические системы ближней и дальней навигации, системы посадки, системы предупреждения столкновений, глобальные и региональные спутниковые радионавигационные системы.

В пятой главе изложены принципы работы бортовых радиолокационных систем (РЛС): РЛС перехвата и прицеливания, систем опознавания, РЛС обзора земной поверхности, РЛС профильного полета, метеонавигационных РЛС. Рассмотрены основные характеристики и задачи, решаемые многофункциональной РЛС.

Бортовые комплексы обороны самолетов и вертолетов рассмотрены в шестой главе. Проанализированы станции предупреждения об облучении, станции активных помех, радиолокационные ловушки, особенности радиоэлектронной защиты бортовых РЭС. Приведены основные характеристики комплекса средств РЭП самолета Су-30СМ.

В седьмой главе нашли отражение вопросы классификации и принципов построения авиационных радиоэлектронных комплексов (АРЭК). Рассмотрены особенности АРЭК интегрального типа. Приведен анализ перспектив развития АРЭК военного назначения.

Первое издание учебного пособия, вышедшее в 2015 году в издательстве «Научная книга» под названием «Бортовые радиоэлектронные системы», быстро разошлось и получило положительную оценку специалистов. В процессе доработки учебного пособия принято решение об изменении названия с целью более конкретного определения рассматриваемой предметной области.

Авторы выражают искреннюю благодарность и глубокую признательность уважаемым рецензентам: доктору технических наук, старшему научному сотруднику Баринову Сергею Петровичу и доктору технических наук, профессору Лихачеву Владимиру Павловичу, просмотревшим рукопись и сделавшим ряд полезных замечаний и ценных советов, которые были учтены авторами.

Авторы признательны и благодарны коллегам (Лебедеву В.В., Сидорчуку В.П.) по работе, проделавшим большую работу по подготовке и оформлению графических и иллюстративных материалов настоящего издания, а также всем, кто способствовал улучшению качества и содержания предлагаемого учебного пособия.

Данное учебное пособие окажется полезным не только адъюнктам, курсантам и слушателям ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), но и всем желающим ознакомиться с принципами функционирования бортовых радиоэлектронных систем.

Сознвая, что книга не свободна от недостатков, авторы с благодарностью примут все критические замечания и конструктивные предложения по содержанию учебного пособия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Криворучко А.Ю. Путь в новое десятилетие // Радиоэлектронные технологии. – 2020. – № 1. – С. 8–11.
2. Леньшин А.В., Тихомиров Н.М., Попов С.А. Бортовые радиоэлектронные системы: учебное пособие / Под ред. А.В. Леньшина. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2015. – 309 с.
3. Леньшин А.В., Тихомиров Н.М., Попов С.А. Комплексы авиационного радиоэлектронного оборудования: учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 374 с.
4. Новичков Н.Н., Федюшко Д.И., Костин В.В., Милованова Л.Р. Российское оружие в Сирии: анализ, итоги, выводы / Под общ. ред. и с предисловием В.Н. Половинкина. – М.: ООО «Статус», 2018. – 336 с.
5. Казанин М.В. Сирийский конфликт: оценки китайских специалистов. – М.: Ин-т Ближнего Востока, 2017. – 276 с.
6. Ярлыков М.С., Богачев А.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Т. 1. Теоретические основы / Под ред. М.С. Ярлыкова. – М.: Радиотехника, 2012. – 504 с.
7. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов по спец. «Радиотехника». – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.
8. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии: учеб. пособие / Ю.Б. Нечаев, В.И. Николаев и др.; под общ. ред. Ю.Б. Нечаева, В.И. Николаева. – Воронеж: ОАО «Концерн «Созвездие», 2007. – 629 с.
9. Перунов Ю.М., Мацукевич В.В., Васильев А.А. Зарубежные радиоэлектронные средства / Под ред. Ю.М. Перунова. В 4-х книгах. Кн. 3: Антенны. – М.: Радиотехника, 2010. – 304 с.
10. Формирование колебаний и сигналов: учебник для вузов / В.М. Богачев и др.; под ред. В.Н. Кулешова и Н.Н. Удалова. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 391 с.
11. Радиопередающие устройства: учебник для вузов / В.В. Шахгильдян, В.Б. Козырев, С.И. Дингес и др.; Под ред. Р.Ю. Иванюшкина. – М.: Горячая линия–Телеком, 2019. – 1200 с.
12. Романов С.К., Тихомиров Н.М., Леньшин А.В. Системы импульсно-фазовой автоподстройки в устройствах синтеза и стабилиза-

Список литературы

- ции частоты. – М.: Радио и связь, 2010. – 328 с.
13. Радиоприемные устройства: учебник для вузов / Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, О.В. Головин и др.; Под ред. Н.Н. Фомина. – 3-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия–Телеком, 2007. – 520 с.
 14. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / Под ред. А.М. Рембовского. 4-е изд., испр. – М.: Горячая линия–Телеком, 2015. – 640 с.
 15. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов: учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Горячая линия–Телеком, 2015. – 456 с.
 16. Егоров Н., Кочемасов В. Мгновенное измерение частоты: методы и средства // Электроника: наука, технологии, бизнес. – 2017. – № 5. – С. 136–141.
 17. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 352 с.
 18. Леньшин А.В. Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж: «Научная книга», 2014. – 590 с.
 19. Сырякин В.И., Шидловский В.С. Корреляционно-экстремальные радионавигационные системы. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2010. – 316 с.
 20. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радионавигационные системы. Учебник для вузов. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Радиотехника, 2011. – 272 с.
 21. Беккиев А.Ю., Борисов В.И. Базовые принципы создания помехозащищенных систем радиосвязи // Теория и техника радиосвязи. – 2014. – № 1. – С. 5–19.
 22. Авиационные системы и комплексы радиосвязи: учебник для слушателей и курсантов вузов ВВС / Тихонов В.И. и др. Под ред. В.И. Тихонова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 2007. – 784 с.
 23. Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е., Шестопалов В.И. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра прямой модуляцией псевдослучайной последовательности / Под ред. В.И. Борисова. Изд. 2-е, перераб. – М.: РадиоСофт, 2011. – 550 с.
 24. Комплекс средств связи С-107-1 для многофункционального истребителя Су-35С. – URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/73289640>.

25. Комплекс средств связи С-108 для самолета Су-35. – URL: <http://bastion-karpenko.ru/s-108-for-su-35>.
26. Комплекс средств связи С-112 (С-111). – URL: <http://bastion-karpenko.ru/communications-suite-s-112>.
27. Аганесов А.В. Модель сети воздушной радиосвязи на основе протокола случайного множественного доступа CSMA/CA // Системы управления, связи и безопасности. – 2015. – № 1. – С. 67–97.
28. Белоусов Е.Л., Брянцев В.Ф., Войткевич К.Л., Кейстович А.В., Сайфетдинов Х.И. Перспективное бортовое оборудование сети авиационной радиосвязи // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – № 3 (96). – С. 11–18.
29. Цифровые системы передачи: учеб. пособие для вузов / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов; под ред. А.Д. Моченова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 376 с.
30. Куприянов А.О. Глобальные навигационные спутниковые системы: учебное пособие. – М.: МИИГАиК, 2017. – 76 с.
31. Прикладной потребительский центр и система информационного обеспечения. – URL: <http://ppscmnrc.ru/gnss/>
32. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения. Прикладной потребительский центр ГЛОНАСС. – URL: <https://www.glonass-iac.ru>
33. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
34. Тяпкин В.Н., Гарин Е.Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС: монография. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 260 с.
35. Радиолокация для всех / В.С. Верба, К.Ю. Гаврилов, А.Р. Ильчук, Б.Г. Татарский, А.А. Филатов; под ред. В.С. Вербы. – М.: Техносфера, 2020. – 504 с.
36. Авиационные радиолокационные комплексы и системы / Под ред. П.И. Дудника. – М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006. – 1112 с.

37. Помехозащита радиоэлектронных систем управления летательными аппаратами и оружием. Монография / Под ред. В.Н. Лепина. – М.: Радиотехника, 2017. – 416 с.
38. Многофункциональные радиоэлектронные комплексы истребителей: учеб. пособие для вузов / [В.Н. Антипов и др.] / Под ред. В.Н. Лепина. – М.: Радиотехника, 2014. – 296 с.
39. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
40. URL: <https://dfnc.ru/aviaczia/bortovye-radiolokatsionnye-stantsii-rossii>.
41. Нечаев Е.Е., Дерябин К.С. Современные бортовые радиолокационные станции и антенные решетки многофункциональных авиационных комплексов военного назначения // Научный вестник МГТУ ГА. – 2015. – № 221. – С. 90–105.
42. Шатовкин Р.Р. Моделирование системы управления вооружением истребителя в режиме радиолокационного молчания. Монография. – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 328 с.
43. Купряшкин И.Ф., Лихачев В.П., Рязанцев Л.Б. Малогабаритные РЛС с непрерывным частотно-модулированным излучением. Монография. – М.: Радиотехника, 2020. – 280 с.
44. Леньшин А.В. Бортовые комплексы обороны самолетов и вертолетов: учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 312 с.
45. Леньшин А.В. Бортовые комплексы радиоэлектронной борьбы: Учебное пособие. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 508 с.
46. URL: http://pentagonus.ru/publ/aehtrostatnye_sistemy_v_vooruzhjonnykh_silakh_ssha_2012/utm_source=warfiles.ru.
47. URL: <http://alternathistory.com/dirizhabli-posle-dizelpanka-kak-vernut-gigantov-v-nebo>.
48. URL: <https://topwar.ru/175662-samolety-povedut-v-boj-roboty-programma-skyborg.html>.

Учебное издание

**Леньшин Андрей Валентинович
Тихомиров Николай Михайлович
Попов Сергей Александрович**

БОРТОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие

**Под редакцией
доктора технических наук, профессора А.В. Леньшина**

Подписано в печать 04.03.2021. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 28,25. Тираж 500 экз. Заказ 34

ООО Издательско-полиграфический центр «Научная книга»
394018, г. Воронеж, ул. Никитинская, 38, оф. 308
Тел.: +7 (473) 200-81-02, 200-81-04
<http://www.n-kniga.ru> E-mail: zakaz@n-kniga.ru

Отпечатано в типографии ООО ИПЦ «Научная книга»
394026, г. Воронеж, Московский пр-т, 11/5
Тел.: +7 (473) 220-57-15, 296-90-83
<http://www.n-kniga.ru> E-mail: typ@n-kniga.ru