



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Проректор по НР и И

_____ Воробьев В.В.

«_____» _____ 20__ г.

**ПРОГРАММА
вступительных испытаний для поступающих в аспирантуру
по
СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Шифр и наименование области науки:

2. Технические науки

Шифр и наименование группы научных специальностей:

2.2. Электроника, фотоника, приборостроение и связь

Шифр и наименование научной специальности:

2.2.16. Радиолокация и радионавигация

Наименование отрасли науки, по которой присуждается учёная степень:

Технические

Программа РАЗРАБОТАНА:
заведующим кафедрой ТЭРЭО ВТ, д-р техн. наук, доц.

подпись

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа РАССМОТРЕНА на заседании кафедры технической эксплуатации радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта (ТЭРЭО ВТ)

Протокол от _____ 20__ г. № ____

Заведующий кафедрой ТЭРЭО ВТ, д-р техн. наук, доцент

подпись

Э.А. Болелов

(инициалы, фамилия)

Рабочая программа ОДОБРЕНА на заседании учёного совета факультета авиационных систем и комплексов (ФАСК)

Протокол от _____ 20__ г. № ____

Председатель учёного совета факультета, канд. техн. наук, доцент

подпись

В.И. Петров

(инициалы, фамилия)

Программа СОГЛАСОВАНА с начальником отдела подготовки кадров высшей квалификации

подпись

Л.В. Добродеева

(инициалы, фамилия)

1. Цель и задачи Программы вступительного испытания

Целью и задачами вступительного испытания по специальной дисциплине является выявление общей подготовленности поступающих в аспирантуру к самостоятельному ведению научных исследований по выбранной научной специальности, определение способности к логически правильному мышлению и методологическому анализу, проработке и решению научных проблем, а также проверка базовых знаний поступающих в области технических наук, профессиональных компетенций, позволяющих в будущем обеспечить подготовку в аспирантуре диссертации, а также к сдаче кандидатского экзамена по курсу «Специальной дисциплины».

Программа содержит рекомендуемую к изучению основную и дополнительную литературу, а также перечень контрольных вопросов, входящих в экзаменационные билеты.

2. Требования к уровню подготовленности поступающего

Для успешного прохождения вступительного испытания по данной дисциплине испытуемый должен:

Знать:

- характеристики случайных процессов;
- свойства корреляционных функций;
- критерии и решающие правила оптимального обнаружения;
- показатели качества обнаружения сигналов;
- информативные и неинформативные параметры сигналов;
- байесовские и небайесовские оценки и их свойства;
- виды оценивания: фильтрация, интерполяция и экстраполяция;
- методики синтеза алгоритмов методом гауссовского приближения
- области применения и задачи радиолокации;
- физические основы радиолокации;
- методы определения местоположения объекта и способы вывода его

в заданную точку пространства;

- точность определения местоположения в позиционных РНС.
- линии и поверхности положения;
- рабочие зоны РНС;
- методы модуляции и кодирования;
- меры разрешающей способности;

Уметь:

- оценивать время запаздывания, частоту и фазу различных моделей сигнала;
- оценивать параметры стохастических сигналов;
- оценивать энергетические и неэнергетические параметры сигнала на фоне «белого» шума;

- применять методы синтеза алгоритмов обработки при параметрической априорной неопределенности;
- синтезировать алгоритмы разрешения и распознавания детерминированных и квазидетерминированных сигналов;
- использовать цифровые методы обработки сигналов;
- применять методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов;

Владеть:

- математическим аппаратом быстрого преобразование Фурье;
- методами расчета цифровых фильтров;
- методами расчета ошибок линий положения и местоположения объекта;
- методами оценки энергетических и неэнергетических параметров сигнала на фоне «белого» шума.

3.1. Содержание Программы вступительного испытания

РАЗДЕЛ 1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тема 1.1. Сообщения, радиосигналы и помехи, как случайные процессы

Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры.

Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина. Стационарность и эргодичность случайных процессов. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы. Марковские процессы. Узкополосные случайные процессы. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

Тема 1.2. Статистическая теория обработки сигналов в радиотехнических системах

Критерии и решающие правила оптимального обнаружения: критерий Байеса, минимаксный критерий, критерий Неймана-Пирсона, критерий Вальда и др. Показатели качества обнаружения сигналов. Методы синтеза оптимальных обнаружителей. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов на фоне «белого» шума. Обнаружение пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов в «белом» шуме. Корреляционная, фильтровая и корреляционно-фильтровая обработка сигналов. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов, в том числе и многоканальное, на фоне гауссовых коррелированных помех. Обесцвечивающие фильтры.

Обнаружение сигналов в негауссовых помехах. Обнаружение пространственно-временных сигналов, многоканальная схема обработки. Условия разделения пространственно-временной обработки на отдельные пространственную и временную. Пространственный фильтр и коррелятор. Реализация пространственных фильтров и корреляторов с помощью ФАР.

Информативные и неинформативные параметры сигналов. Оценки параметров сигналов. Байесовские и небайесовские оценки и их свойства. Оценка максимального правдоподобия и ее свойства. Неравенство Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения параметра. Многоканальный и следящий измерители. Оценивание энергетических и неэнергетических параметров сигнала на фоне «белого» шума. Функция рассогласования сигнала и ее связь с потенциальной точностью измерений.

Оценивание времени запаздывания, частоты и фазы различных моделей сигнала. Оценивание параметров стохастических сигналов.

Виды оценивания: фильтрация, интерполяция и экстраполяция. Байесовские правила оценивания. Марковская аппроксимация сигналов. Стохастическое уравнение оптимальной фильтрации (уравнение Стратоновича). Линейная фильтрация. Непрерывный и дискретный фильтр Калмана. Нелинейная фильтрация. Синтез алгоритмов методом гауссовского приближения. Оценочно-корреляционная обработка сигналов.

Параметрическая и непараметрическая априорная неопределенность. Методы синтеза алгоритмов обработки при параметрической априорной неопределенности. Адаптивные алгоритмы. Адаптивные многоканальные (в том числе двухканальные) компенсаторы помех с корреляционной обратной связью. Автокомпенсаторы коррелированных помех. Методы синтеза алгоритмов при непараметрической априорной неопределенности. Использование знаковых, порядковых и ранговых статистик для обнаружения сигналов. Робастное оценивание параметров сигнала. Оценки типа максимального правдоподобия (М-оценки). Робастное обнаружение. Адаптивно-робастное обнаружение. Робастное оценивание времени запаздывания, частоты и фазы различных моделей сигнала.

Общие сведения о разрешении и распознавании сигналов (объектов). Характеристики (признаки) объектов и сигналов, используемые для разрешения и распознавания. Взаимосвязь задач разрешения и распознавания. Показатели качества разрешения и распознавания и решающие правила. Упрощенная процедура распознавания. Алгоритмы разрешения и распознавания детерминированных и квазидетерминированных сигналов. Связь разрешающей способности с функцией рассогласования. Меры разрешающей способности. Разрешающая способность по времени запаздывания и по частоте.

Цифровые методы обработки сигналов. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов. Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров. Коэффициент передачи и импульсная характеристика цифровых фильтров. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

РАЗДЕЛ 2. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Тема 2.1. Системы и устройства радиолокации

Области применения и задачи радиолокации. Виды радиолокации. Обзор пространства. Виды обзора, зона обзора и время обзора. Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния. Модели реальных точечных и протяженных целей. Наблюдаемость точечных целей на фоне протяженных (радиолокационный контраст). Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.

Устройства обнаружения (обнаружители) радиолокационных сигналов. Структуры обнаружителей. Обнаружители пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов на фоне шума и коррелированных помех. Цифровые обнаружители. Знаковые, ранговые, робастные и адаптивные обнаружители. Методы стабилизации уровня ложных тревог. Пороговая мощность радиолокационного сигнала. Разрешающая способность по дальности, угловым координатам и скорости. Выбор зондирующего сигнала.

Простые и сложные сигналы. Двумерная корреляционная функция (ДКФ) зондирующего сигнала. Функция неопределенности (ФН) и диаграмма неопределенности (ДН) радиолокационных сигналов.

Методы измерения координат и параметров движения целей. Следящие и неследящие измерители. Фазовые, частотные и импульсные дальномеры. Радиодальномеры со сложными сигналами. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность радиодальномеров.

Измерители радиальной скорости целей. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность измерителей скорости.

Амплитудные и фазовые одноканальные пеленгаторы. Амплитудные, фазовые и суммарно-разностные моноимпульсные пеленгаторы. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность пеленгаторов. Измерители угловых скоростей.

Пассивные, активные и комбинированные помехи. Характеристики помех. Борьба с пассивными помехами. Селекция движущихся целей (СДЦ). Когерентно-импульсные РЛС. Режекция пассивных помех с помощью гребенчатых фильтров (РГФ). Цифровые РГФ. Качество подавления помех .

РЛС с синтезированной апертурой (РСА). Выбор параметров РСА и структуры цифровой обработки. Радиоинтерферометры со сверхдлинной базой. Апертурный синтез. Пространственно-временная обработка сигналов. Автокомпенсаторы активных помех.

Вторичная обработка радиолокационной информации. Обнаружение и сопровождение траекторий. Калмановская фильтрация траекторий. Многопозиционная радиолокация.

Обнаружение сигналов теплового радиоизлучения. Схемы радиометров. Методы и устройства измерения координат источников теплового радиоизлучения. Подповерхностная радиолокация. Нелинейная радиолокация.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

Тема 2.2. Системы и устройства радионавигации

Методы определения местоположения объекта и способы вывода его в заданную точку пространства. Принципы радионавигации и методы технической реализации радионавигационных систем (РНС) и устройств (РНУ). Методы радиоуправления в радионавигации. Элементы теории автоматического управления объектами. Контур следящего управления и его основные звенья.

Командное следящее радиоуправление, автономное радиоуправление, радиоуправление при наведении по лучу, управление космическими аппаратами. Особенности радиолиний управления объектами.

Автономные РНС: системы счисления пути. Радиосистемы навигации по геофизическим полям Земли. Радиовысотометры и доплеровские измерители скорости и угла сноса летательных аппаратов (ДИС).

Корреляционно-экстремальные измерители скорости. Обзорно-сравнительные радионавигационные системы. Системы навигации по рельефу и карте местности.

Комплексирование навигационных систем с радиотехническими и нерадиотехническими датчиками. Интегрированные РНС.

Радиосистемы дальней навигации (РСДН). Построение глобальных и региональных РСДН. Фазовые и импульсно-фазовые РСДН, использующие дальномерные и разностно-дальномерные методы определения местоположения. Погрешности РСДН.

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Передача сведений об орбитах спутников потребителю для целей навигации. Особенности построения и функционирования СРНС. Влияние атмосферы и космической среды на характеристики СРНС. Методы определения местоположения в СРНС: доплеровский, дальномерный, разностно-дальномерный.

Радиосистемы ближней навигации (РСБН). Радиосистемы посадки летательных аппаратов.

Точность определения местоположения в позиционных РНС. Линии и поверхности положения. Ошибки линий положения. Ошибки определения местоположения на плоскости и в пространстве. Эллипс и эллипсоид ошибок положения. Рабочие зоны РНС. Геометрический фактор.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

Тема 2.3. Особенности передачи информации в многопозиционных радиолокационных и радионавигационных системах

Задачи передачи информации. Радиолинии. Диапазон радиоволн в системах передачи информации. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телеметрические и командные. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала. Структура радиосигналов. Методы модуляции и кодирования. Защита информации. Критерии качества РСПИ. Цифровые РСПИ.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

Тема 2.4. Проектирование и конструирование радиоэлектронных средств

Зависимость технических требований к РЭС от их назначения и условий эксплуатации. Технологичность конструкции. Методы стандартизации в конструировании. Компоновка и комплексная микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Интегральная микросхемотехника, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы. Печатный монтаж. Ремонтпригодность РЭА. Способы защиты РЭА от воздействия окружающей среды, динамических перегрузок и электромагнитного излучения. Тепловой режим РЭА. Надежность РЭА.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

РАЗДЕЛ 3. РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Тема 3.1. Излучение, распространение и прием радиоволн

Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Свободные электромагнитные волны и решение однородных уравнений

электродинамики. Плоские волны на границе раздела однородных сред. Рефракция радиоволн в неоднородных средах. Решение электродинамической задачи рассеяния радиоволн на телах заданной формы. Распространение радиоволн в природных условиях. Явления дифракции и интерференции.

Канализация радиоволн. Волноводы и фидеры. Теория цепей СВЧ. Электромагнитные резонаторы. Взаимные и невзаимные устройства СВЧ. Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики. Влияние вида распределения электромагнитного поля в раскрыве антенны на основные параметры антенн. Техническая реализация антенн в различных диапазонах радиоволн.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

Тема 3.2. Устройства генерирования и формирования сигналов

Генераторы и автогенераторы в РЛС и РНС. Режимы самовозбуждения, их особенности. Стабильность частоты и методы ее повышения. Стабилизация с помощью высокочастотных колебательных систем (резонаторов). Кварцевые генераторы. Квантовые эталоны частоты. Умножители частоты. Синтезаторы частот. Факторы, ограничивающие мощность генераторов. Суммирование мощностей генераторов.

Управление колебаниями (модуляция) в РЛС и РНС. Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции). Генерация и усиление СВЧ колебаний. Основные типы генераторов и усилителей СВЧ в РЛС и РНС.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

Тема 3.3. Устройства приема и преобразования сигналов

Основные типы радиоприемных устройств в РЛС и РНС. Узлы радиоприемников, их схемные решения и расчет. Преобразователи частоты сигналов, смесители и гетеродины. Частотный план радиоприемника. Детекторы сигналов: амплитудные, частотные и фазовые. Усилители различных частотных диапазонов. Автоматические регулировки в радиоприемниках. Элементная база радиоприемных устройств. Методы проектирования радиоприемников. Моделирование радиоприемников и их элементов. Вторичные источники электропитания.

Рекомендуемая литература для самостоятельной подготовки [1,3-13, 15,16,18,20,26,30,21]

3.2. Перечень вопросов, выносимых на вступительное испытание

1. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры.
2. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры.

3. Шумы и помехи как случайные процессы.
 4. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов.
 5. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции.
 6. Спектральная плотность. Теорема Винера-Хинчина.
 7. Стационарность и эргодичность случайных процессов.
 8. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции.
 9. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов.
- Интегрирование случайных процессов.
10. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому.
 11. Импульсные и точечные случайные процессы.
 12. Марковские процессы.
 13. Узкополосные случайные процессы.
 14. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума.
 15. Выбросы случайных процессов.
 16. Критерии и решающие правила оптимального обнаружения: критерий Байеса, минимаксный критерий, критерий Неймана-Пирсона, критерий Вальда.
 17. Информативные и неинформативные параметры сигналов. Оценки параметров сигналов.
 18. Байесовские и небайесовские оценки и их свойства. Оценка максимального правдоподобия и ее свойства.
 19. Неравенство Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения параметра.
 20. Виды оценивания: фильтрация, интерполяция и экстраполяция. Байесовы правила оценивания.
 21. Марковская аппроксимация сигналов.
 22. Стохастическое уравнение оптимальной фильтрации (уравнение Стратоновича).
 23. Линейная фильтрация. Непрерывный и дискретный фильтр Калмана.
 24. Нелинейная фильтрация.
 25. Характеристики (признаки) объектов и сигналов, используемые для разрешения и распознавания. Взаимосвязь задач разрешения и распознавания.
 26. Показатели качества разрешения и распознавания и решающие правила.
 27. Быстрое преобразование Фурье.
 28. Виды радиолокации. Обзор пространства. Виды обзора, зона обзора и время обзора.
 29. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния.
 30. Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.

31. Методы измерения координат и параметров движения целей.
32. Методы определения местоположения объекта и способы вывода его в заданную точку пространства.
33. Комплексование навигационных систем с радиотехническими и нерадиотехническими датчиками.
34. Точность определения местоположения в позиционных РНС.
35. Линии и поверхности положения. Ошибки линий положения.
36. Ошибки определения местоположения на плоскости и в пространстве.
37. Эллипс и эллипсоид ошибок положения.
38. Рабочие зоны РНС. Геометрический фактор.
39. Зависимость технических требований к РЭС от их назначения и условий эксплуатации.
40. Ремонтпригодность РЭА.
41. Способы защиты РЭА от воздействия окружающей среды, динамических перегрузок и электромагнитного излучения.
42. Тепловой режим РЭА. Надежность РЭА.

4. Методические указания по проведению и приему вступительного испытания в аспирантуру

4.1. Для проведения вступительных испытаний Университет создаёт экзаменационные комиссии.

4.2. Сдача вступительного испытания проводится на русском языке.

4.3. Вступительное испытание проводится в устной форме по билетам, в форме собеседования по вопросам, перечень которых приведён в разделе 3.2. настоящей Программы вступительного испытания.

Основные тезисы ответа должны быть записаны поступающим в экзаменационном листе при подготовке к ответу. Время подготовки к ответу не должно превышать 1,5 часа.

Во время проведения вступительного испытания поступающий в аспирантуру не должен пользоваться какими-либо принесёнными с собой печатными и рукописными материалами.

Запрещается во время подготовки к ответу разговаривать друг с другом, вставать со своего места, пересаживаться, обмениваться любыми материалами и предметами, использовать мобильные телефоны и иные средства связи и носители.

5. Оценка уровня знаний

5.1. Оценка уровня знаний поступающего определяется экзаменационными комиссиями по 5-ти балльной системе.

5.2. Минимальное количество набранных баллов, считающееся успешным прохождением испытания – «3» балла.

5.3. Лица, не явившиеся без уважительных причин на вступительное испытание в назначенное по расписанию время, получают за него «0» баллов.

5.4. При выставлении баллов экзаменационная комиссия руководствуется следующими общими критериями:

5 баллов – ставится поступающим, которые при ответе:

- дали полный развёрнутый ответ на вопросы из различных разделов программы;
- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала;
- демонстрируют знание современной учебной и научной литературы;
- владеют понятийным аппаратом;
- демонстрируют способность к анализу и сопоставлению различных подходов к решению заявленной в билете проблематики.

4 балла – ставится поступающим, которые при ответе:

- дали правильный ответ на часть вопросов из различных разделов программы;
- обнаруживают твёрдое знание программного материала;
- усвоили основную и наиболее важную дополнительную литературу;
- допускают отдельные погрешности и неточности при ответе;
- высказали представление о возможных научно-исследовательских проблемах в области заявленной в билете.

3 балла – ставится поступающим, которые при ответе:

- дали правильный ответ хотя бы на один вопрос из предложенного тематического раздела;
- в основном знают программный материал в объёме, необходимом на подготовку будущей диссертации;
- в целом усвоили основную литературу;
- допускают существенные погрешности в ответе на вопросы экзаменационного билета.
- не высказано представление о возможных научно-исследовательских проблемах в области заявленной в билете.

2 балла – ставится поступающим, которые при ответе:

- правильных ответов нет;
- обнаруживают значительные пробелы в знаниях основного программного материала;
- допускают принципиальные ошибки в ответе на вопросы экзаменационного билета;
- демонстрируют незнание теории и практик к решению о известных научно-исследовательских проблемах в области заявленной в билете.
- содержание терминов не раскрывается.

6. Рекомендуемые учебно-методические и Интернет-ресурсы

а) основная литература

1. Радионавигационные системы/ под. ред. П. Бакулева, А. Сосновского. – М.: Радиотехника, 2011.

2. Титов Е.П. Воздушная радионавигация. – М.: Книга по требованию, 2012.
 3. Дудник П.И., Кондратенков Г.С., Татарский Б.Г. и др.. Авиационные радиолокационные комплексы и системы /под ред. П.И. Дудника. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2006.
 4. Ярлыков М.С., Богачев А.С, Меркулов В.И., Дрогалин В.В. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. В 2-х томах. – М.: Радиотехника, 2012.
 5. Ярлыков М.С. и др. Марковская теория оценивания в радиотехнике/ под ред. М.С. Ярлыкова. – М.: Радиотехника, 2004.
 6. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. М: «ИПРЖР» 2004.
 7. Козлов А.И., Логвин А.И., В.А. Сарычев. Поляризация радиоволн. Поляризационная структура радиолокационных сигналов. – М.: Радиотехника, 2005.
 8. Козлов А.И., Логвин А.И., В.А. Сарычев. Поляризация радиоволн. Радиолокационная поляриметрия. – М.: Радиотехника, 2007.
 9. Козлов А.И., Логвин А.И., В.А. Сарычев. Поляризация радиоволн. Поляриметрия сложных по структуре сигналов. – М.: Радиотехника, 2008.
 10. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. –Учебник для вузов. «Радиотехника», 2004.
 11. Болелов Э.А. Радиолокационные системы воздушного транспорта. Учебник. / Э.А. Болелов, А.И. Козлов, Э.А. Лутин, А.В. Прохоров, С.Б. Стукалов, Д.Н. Яманов. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. - 288 с.
 12. Болелов Э.А. Радионавигационные системы воздушного транспорта. Учебник. / Э.А. Болелов, О.И. Завалишин, А.И. Козлов, А.Т. Кудинов, В.П. Логачев, С.Б. Стукалов. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. - 260 с.
 13. Системы связи и телекоммуникации на воздушном транспорте: учебник / под ред. Э.А. Болелова. - М.: ИД Академии Жуковского, 2018. - 160 с.
- б) дополнительная литература**
14. Ярлыков М.С. Применение марковской теории нелинейной фильтрации в радиотехнике. – М.: Советское радио, 1981.
 15. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
 16. Тихонов В.И., Бакаев Ю.Н. Статистическая теория радиотехнических устройств. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1978.
 17. Дудник П.И., Чересов Ю.И. Авиационные радиолокационные устройства. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1986.
 18. Вакин С.А., Шустов Л.Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. – М.: Советское радио, 1968.
 19. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь, 1994.
 20. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ. М.: Высш. шк., 1990.

21. Кузнецов А.А., Козлов А.И., Криницын В.В. Радиолокационное оборудование систем управления воздушным движением: Учеб. для вузов/ под ред. А.А. Кузнецова. – М.: Транспорт, 1995.
22. Ярлыков М.С., Богачев А.С. Авиационные радиоэлектронные комплексы. – М.: ВАТУ, 2000.
23. Тарасов В.Г. Межсамолетная навигация. – М.: Машиностроение, 1980.
24. Авиационная радионавигация: Справочник/Под ред. А.А. Сосновского. – М.: Транспорт, 1990.
25. Авиационная радиолокация: Справочник/Под ред. П.С. Давыдова. – М.: Транспорт, 1984.
26. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов./ Под ред. Воскресенского Д.И.-М: Издательство МАИ, 1999.
27. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: Учеб. пособие для вузов.-М.: Радио и связь, 1992.
28. Сетевые спутниковые радионавигационные системы./ Под ред. Шабшаевича В.С.-М.: Радио и связь, 1993.
29. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. М.: Радио и связь., 1993.
30. Окунев Ю.Б. Цифровая передача информации фазоманипулированными сигналами. -М.: Радио и связь, 1991.23. Цифровые процессоры обработки сигналов.: Справочник. / Под ред. Остапенко А.Г..-М.: Радио и связь, 1994.
31. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. – Киев: Издательство ВЦ, 2000.

в) интернет-ресурсы

- <http://www.mintrans.ru> –официальный сайт Министерства транспорта РФ;
- <http://www.gks.ru/> - официальный сайт Федеральной службы государственной статистики;
- <http://www.favt.ru/> - Федеральное агентство воздушного транспорта;
- <http://www.mlgvs.ru/library.html#search> - Центральная нормативно-методическая библиотека ГА;
- информационно-справочная база учебно-методического материала;
- <http://lib.mstuca.ru> - электронные ресурсы Университета - электронные версии пособий, методических разработок по всем видам учебной работы.