

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Э.А. Болелов, Э.А. Лутин

**РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ ВС И АП**

ПОСОБИЕ

по изучению дисциплины
и выполнению контрольной работы

*для студентов V курса
специальности 25.05.03
заочной формы обучения*

Москва-2016

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

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

**Кафедра технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования воздушного транспорта
Болелов Э.А., Лутин Э.А.**

РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ВС И АП

ПОСОБИЕ

**по изучению дисциплины
и выполнению контрольной работы**

*для студентов V курса
специальности 25.05.03
зочной формы обучения*

Москва-2016

ББК 6ф2.1

Б 79

Рецензент канд. техн. наук, профессор Д.Н. Яманов

Болелов Э.А., Лутин Э.А.

Б 79 Радиолокационные системы ВС и АП: пособие по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы. – М.: МГТУ ГА, 2016. – 24 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Радиолокационные системы ВС и АП» по учебному плану для студентов V курса специальности 25.05.03 зочной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 29.08.2016 г. и методического совета 30.08.2016 г.

Подписано в печать 10.11.2016 г.

Печать офсетная
1,39 усл.печ.л.

Формат 60x84/16
Заказ № 110

1,10 уч.-изд. л.
Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20

Редакционно-издательские услуги ООО «Имидж-студия Арина»
127051 Москва, М. Сухаревская пл., д. 2/4 стр.1

Введение

Дисциплина «Радиолокационные системы» изучается на пятом курсе.

В итоге ее изучения предусмотрены следующие виды контроля:

- защита контрольной работы;
- защита курсового проекта;
- экзамен.

В процессе укрепления изученного в течение года материала во время сессии выделяется 18 часов обзорных лекций на 5 курсе и 2 часа установочной лекции на 4 курсе.

В период сессии проводятся 5 лабораторных работ по 4 часа каждая.

Ориентировочное время на изучение дисциплины по видам занятий:

- на освоение теоретического материала 70 часов;
- на выполнение контрольной работы 8 часов;
- на выполнение курсового проекта 20 часов.

Достаточно большой объем самостоятельной работы студента связан с несовершенством учебного плана, включающем практически 2 дисциплины: РЛС ВС и РЛС АП.

Среди радиотехнических систем обеспечения полетов особое место занимают радиолокационные системы (РЛС), поскольку они являются основным источником оперативной информации для наземных систем УВД, источником получения информации о метеорологической обстановке при полете ВС по маршруту, средством предупреждения столкновений с препятствиями, а также обеспечивают получение необходимой для УВД оперативной информации о местоположении ВС в любой момент времени независимо от метеорологических условий.

Изучение дисциплины РЛС является неременным условием профессиональной подготовки инженеров гражданской авиации, специализирующихся в области технической эксплуатации радиоэлектронного оборудования ГА.

Современные бортовые и наземные радиолокационные системы включают в себя большое количество подсистем более низкой иерархии. Поэтому изучению дисциплины должно предшествовать усвоение таких дисциплин как:

- теория радиолокационных систем;
- радиопередающие устройства;
- устройства приёма и цифровой обработки сигналов;
- антенно-фидерные устройства СВЧ;
- теория вероятности и теория случайных процессов;
- импульсные и цифровые устройства;
- радиоавтоматика;
- вычислительная техника.

Материалы изучаемого курса являются базовыми для освоения таких дисциплин, как «Надежность и техническая диагностика», «Техническая эксплуатация авиационного РЭО», а также дипломного проектирования.

Дисциплина РЛС включает в себя два крупных раздела:

- радиолокационные системы аэропортов, обеспечивающие УВД;
радиолокационные системы воздушных судов.

1 . Рекомендуемая литература.

1. Козлов А.И., Лукин Э.А. Радиолокационные системы гражданской авиации. Учебное пособие. РИО МГТУГА, 2012 г. (шифр К-59).
2. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. М. Радиотехника, 2007 г.
3. Под редакцией Давыдова П.С. Радиолокационные системы воздушных судов. М. Транспорт, 1988 г.
4. Под редакцией Кузнецова А.А. Радиолокационное оборудование автоматизированных систем УВД. М. Транспорт, 1995 г.
5. Технические описания радиолокационных систем ГА.

Справочная литература.

6. Справочник по радиолокации. Перевод с английского под общей редакцией Сколника М. В 4-х томах. – М.: Сов. Радио, 1976-1979.

Регламентирующая литература

7. Стандарт СЭВ 1823-79. Системы вторичной радиолокации для УВД. Состав, типы оборудования и общие технические требования. Ввод. 1.01.1982 (ГОСТ 21800-78). - М.: Изд-во стандартов. 1976.
8. Нормы летной годности самолетов НЛГС-3. - М.: МГА, 1985.
9. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (НПП ГА - 78). - М.: Воздушный транспорт, 1978.

2. Электронные средства информации

Для освоения дисциплины полезными могут оказаться материалы кафедры, записанные на магнитные носители и включенные в состав учебный методический комплекс дисциплины, размещенный на сайте Университета – www.MSTUCA.ru

Для консультаций студент может использовать электронный адрес кафедры ТЭРЭОВТ – www.ares@MSTUCA.ru

3. Содержание дисциплины

Содержание дисциплины РЛС охватывает большой объем материала, включающего разделы РЛС аэропортов и РЛС воздушных судов. В связи с этим в данном пособии имеются указания по изучению основных разделов курса этих направлений.

В процессе изучения курса студент должен выполнить контрольную работу, разработать курсовой проект, проделать цикл лабораторных работ в объеме, предусмотренным рабочим планом, защитить каждую лабораторную работу с предоставлением отчета. По окончании обучения сдается экзамен (на экзамене представляется студентом зачетная контрольная работа и курсовой проект, заранее защищенные).

3.1 Содержание раздела радиолокационные системы ВС.

Следующим большим и важным разделом дисциплины является раздел, посвященный изучению радиолокационных систем воздушных судов, базирующийся на целом ряде предшествующих дисциплин, в том числе на теоретических основах радиолокации.

Тема 3.1.1 Общие сведения о РЛС ВС

Предмет и содержание учебной дисциплины. Ее роль в подготовке инженера по эксплуатации АРЭО. Взаимосвязь с другими учебными дисциплинами. Развитие гражданской авиации и систем УВД. Роль и место радиолокационных систем среди других систем управления полетами в ГА, в обеспечении регулярности и безопасности полетов. Классификация радиолокационного оборудования по назначению и по другим признакам. Литература: [2] с. 3-6, 7-22 .

Тема 3.1.2. Особенности работы бортовых радиолокаторов при решении различных тактических задач

Задачи, решаемые с помощью бортовых РЛС: обзор земной поверхности, определение угла сноса и путевой скорости самолета, обнаружение метеообразований и выявление в них мест, наиболее опасных для самолетовождения. Функции РЛС ВС в системе управления воздушным движением (УВД). Методы решения этих задач. Обеспечение заданных тактико-технических характеристик (ЭТХ).

Литература: [2], с. 3-6, 55-56.

Центральные вопросы темы: задачи, решаемые РЛС ВС, методы их решения, тактические и технические характеристики.

Вопросы:

1. Каковы задачи, решаемые РЛС ВС?

2. Назовите классификацию РЛС ВС?
3. В чем различие тактических и технических характеристик РЛС ВС?

Тема 3.1.3 Обобщенная структурная схема бортового радиолокатора. Основные характеристики

Радиолокационная станция как система. Общий подход к выбору эксплуатационных и технических характеристик. Обобщенная структурная схема бортовой РЛС. Основные каналы структурной схемы. Временные диаграммы напряжений (токов), поясняющие физические процессы. Требования к основным характеристикам бортовых радиолокаторов. Особенности обоснования и расчета тактико-технических характеристик метеонавигационных РЛС (МНРЛС). Методы стабилизации зоны обзора при эволюциях самолета.

Литература: : [2] с. 57-67, 70-74.

Центральные вопросы темы: обобщенная структурная схема РЛС ВС, требования к основным характеристикам, расчет тактико-технических характеристик.

Вопросы:

1. Нарисуйте структурную схему МНРЛС.
2. Каковы основные требования к характеристикам бортовых РЛС?
3. Назовите основные тактические характеристики РЛС.
4. Назовите основные технические характеристики РЛС.
5. Запишите основное уравнение, связывающее тактические и технические характеристики МНРЛС.

Тема 3.1.4 Особенности передающих устройств бортовых радиолокаторов

Основные требования, предъявляемые к передатчикам импульсных бортовых радиолокаторов. Упрощенные схемы магнитного, магнитно-тиристорного и тиристорного модуляторов соответственно РЛС «Гроза», «Контур-10», «Градиент». Контроль и регулировка тока магнетронов. Реле времени. Характеристики передающих устройств МНРЛС.

Литература: : [2] с. 90-112.

Центральные вопросы темы: требования к радиопередающим устройствам МНРЛС, накопители энергии и коммутаторы, используемые в МНРЛС, модуляторы с полным и частичным разрядом.

Вопросы:

1. Назовите характеристики передающих устройств РЛС.
2. Каковы основные отличия модуляторов с полным и частичным разрядом накопителя?
3. За счет чего в модуляторе МНРЛС «Градиент» обеспечивается две длительности импульса?

Тема 3.1.5 Особенности антенно- фидерных устройств бортовых радиолокаторов

Типы антенн, применяемых в бортовых РЛС. Переключение формы диаграммы направленности («веерный луч - игольчатый луч»). Антенные переключатели на базе газоразрядных приборов и с использованием ферритовых устройств. Краткие сведения об антенных обтекателях. Литература: [2] с. 75-89.

Центральные вопросы темы: типы антенн МНРЛС, антенные переключатели, газоразрядные приборы.

Вопросы:

1. Как в РЛС «Гроза» обеспечивается формирование двух форм диаграммы направленности антенны?
2. Каково назначение антенного переключателя?
3. Нарисуйте антенный переключатель, использующий два игрек-циркулятора.

Тема 3.1.6 Особенности приемных устройств бортовых радиолокаторов

Влияние амплитудной характеристики приемно-индикаторного тракта на качество радиолокационного изображения. Требования, предъявляемые к приемным устройствам бортовых РЛС. Методы уменьшения динамического диапазона сигналов РЛС.

Методы получения логарифмических амплитудных характеристик УПЧ и амплитудных характеристик видеоусилителей в типовых бортовых радиолокаторах. Особенности схем временной автоматической регулировки усиления (ВАРУ) бортовых радиолокаторов. Основные операции по измерению характеристик приемников и поиску неисправностей. Литература: [2] с. 112-135.

Центральные вопросы темы: характеристики приемных устройств МНРЛС, методы уменьшения динамического диапазона сигналов на выходе приемного устройства, особенности амплитудных характеристик УПЧ и видеоусилителя.

Вопросы:

1. Какие меры приняты для уменьшения динамического диапазона сигналов на выходе приемника?
2. Назовите параметры, характеризующие приемное устройство?
3. Каково назначение ВАРУ в приемном устройстве?
4. Как согласуется полоса пропускания приемника со спектром усиливаемого сигнала?

Тема 3.1.7 Особенности устройства АПЧ РЛС

Особенности АПЧ импульсных радиолокаторов. Обобщенная функциональная схема АПЧ бортовых радиолокаторов. Ручной и автоматический поиск частоты. Особенности управляющих схем АПЧ при использовании в качестве гетеродина отражательного клистрона, лампы обратной волны и полупроводниковых генераторов СВЧ.

Литература: [2] с. 114-115, 125-127.

Центральные вопросы темы: назначение канала АПЧ, основные элементы канала АПЧ (частотный дискриминатор, пиковый детектор), структурная схема канала АПЧ.

Вопросы:

1. Нарисуйте структурную схему канала АПЧ?
2. В чем различие одноканальной схемы АПЧ от двухканальной?
3. Нарисуйте частотную характеристику дискриминатора канала АПЧ?

Тема 3.1.8 Цифровые устройства приема и обработки радиолокационной информации

Принципы цифровой обработки сигналов. Структуры цифровых вычислителей алгоритмов обработки сигналов в приемных устройствах импульсных РЛС. Цифровое обнаружение и оценка параметров радиолокационных сигналов.

Литература: [1] с. 383-388, 402-407, [2] с. 135-145.

Центральные вопросы темы: принципы цифровой обработки радиолокационных сигналов отраженных от протяженных целей, цифровое обнаружение радиолокационных сигналов, цифровое измерение дальности и угловых координат.

Вопросы:

1. Поясните принцип временной и амплитудной дискретизации сигналов отраженных от протяженной поверхности?
2. От чего зависит точность цифрового измерителя дальности?
3. Какова тенденция изменения логики цифрового обнаружения при увеличении вероятности правильного обнаружения уменьшении вероятности ложной тревоги?

Тема 3.1.9 Индикаторные устройства РЛС.

Упрощенные схемы формирования радиально-круговой (радиально-секторной) развертки с дискретным плавным изменением масштаба. в типовых РЛС («Гроза», «Гроза-М», «Градиент»).

Принцип отображения опасных направлений полета при обнаружении метеорообразований. Методы уменьшения мерцаний и повышения яркости

изображений. Индикаторы с запоминающими электронно-лучевыми трубками («Гроза-86», «Градиент»). Цветные индикаторы телевизионного типа.
Литература: [2] с. 157-176.

Центральные вопросы темы: схема формирования радиально-круговой развертки, достоинства и недостатки радиально-круговой развертки, индикаторы телевизионного типа.

Вопросы:

1. Нарисуйте эпюры токов в отклоняющих катушках радиально-круговой развертки РЛС.
2. Каковы методы уменьшения мерцаний экрана РЛС?
3. В чем преимущества индикатора телевизионного типа?
4. Каковы особенности ЭЛТ с запоминанием изображения?

Тема 3.1.10 Бортовые радиолокационные станции.

Самолетная метеонавигационная станция «Гроза», назначение и тактико-технические характеристики. Функциональная схема и характеристики основных трактов. [2] с. 176-183.

Бортовые РЛС «Градиент» и «Контур». [2] с. 198-216.

Центральные вопросы темы: тактико-технические характеристики РЛС «Гроза», структурная схема РЛС «Гроза», особенности конструкции МНРЛС «Градиент» и «Контур».

Вопросы:

1. Назовите основные тактико-технические характеристики РЛС «Гроза»?
2. Нарисуйте упрощенную структурную схему РЛС «Гроза».
3. В чем основные различия в конструкции МНРЛС «Гроза» и «Контур»?

Тема 3.1.11 Системы встроенного контроля бортовых радиолокаторов

Назначение системы встроенного контроля (ВСК). Основные принципы проверки функционирования приёмо-передающего и индикаторного устройства, гиостабилизации зоны обзора. Энергетический потенциал бортовых радиолокаторов. ВСК радиолокаторов «Градиент» и «Контур».
Литература: [2] с. 205-208, 216.

Центральные вопросы темы: назначение устройства встроенного контроля РЛС, глубина контроля ВСК, метод контроля потенциала РЛС «Контур».

Вопросы:

1. Назовите параметры РЛС, используемые в ВСК.
2. Нарисуйте упрощенную структурную схему ВСК РЛС «Градиент».

Тема 3.1.12 Перспективы развития бортовых РЛС

Фазированные антенные решетки и электронное сканирование диаграммы направленности антенны. Многофункциональные индикаторы. Основные характеристики и особенности построения перспективных отечественных и зарубежных бортовых радиолокаторов, их значение для дальнейшего повышения безопасности полётов.

Литература: [2] с. 339-355.

Центральные вопросы темы: основные направления совершенствования бортовых РЛС, использование фазированных антенных решеток и цифровой обработки радиолокационной информации, методы повышения энергетического потенциала.

Вопросы:

1. Назовите основные направления совершенствования бортовых РЛС,
2. Какие меры могут быть приняты для увеличения энергетического потенциала РЛС?
3. В чем преимущества использования фазированных антенных решеток?
4. Каковы преимущества цветных индикаторов телевизионного типа по сравнению с ИКО?

Тема 3.1.13 Самолётные радиолокационные ответчики.

Основные достоинства систем с активным ответом. Их роль в управлении воздушным движением и в обеспечении безопасности полетов. Основные требования ГОСТ 21800-76 «Системы вторичной радиолокации для УВД» и соответствующего стандарта СЭВ 1823-79 к самолетным ответчикам. Обобщенная структурная схема системы «Наземный запросчик-самолетный ответчик». Сигналы запроса и ответа для различных режимов работы. Обобщенная функциональная схема самолетного ответчика. Схемотехнические особенности функциональных узлов типовых самолетных ответчиков СОМ-64, СО-69, СО-70. СО-72М и режимов их работы. Самолетные ответчики с адресным запросом.

Литература: [2] с. 252-283.

Центральные вопросы темы: достоинства и необходимость использования вторичных РЛС, структура сигналов запроса и ответа в различных режимах работы вторичных радиолокационных систем, структурная схема самолетного ответчика, методы подавления запросов и ответов по боковым лепесткам ДНА запросчика.

Вопросы:

1. Назовите основные элементы вторичных радиолокационных систем.
2. В чем различия в кодировании сигналов ответа в режимах УВД и RBS?
3. Нарисуйте упрощенную структурную схему самолетного ответчика.

4. Каковы методы борьбы с запросами по боковым лепесткам ДНА запросчика?
5. В чем заключаются особенности кодирования сигналов запроса самолетных ответчиков с адресным запросом?
6. Каковы преимущества системы вторичной радиолокации с адресным запросом?

3.2 Содержание раздела радиолокационные системы аэропортов

Тема 3.2.1 Роль РЛС в управлении воздушным движением и обеспечении безопасности полетов.

Основные виды радиолокационных средств, применяемых в гражданской авиации, их классификация. Комплексы задач, решаемых каждым видом радиолокационных средств при решении задач УВД. Взаимодействие службы ЭРТОС и УВД при эксплуатации РЛС. Основные принципы назначения норм тактических и технических параметров РЛС. Влияние интенсивности воздушного движения, норм эшелонирования и летных качеств воздушных судов на формирование требований к тактическим характеристикам РЛС. Основные этапы полета самолета и распределение задач, решаемых отдельными радиолокационными средствами. Требования к составу и решаемым задачам для РЛС, входящих в состав автоматизированных систем управления воздушного движения.

Литература: [3], с. 6-16.

Центральные вопросы темы: основные типы РЛС аэропортов, задачи, решаемые наземными радиолокационными системами, требования к РЛС в связи с кругом решаемых задач.

Вопросы:

1. Каковы требования к составу и решаемым задачам наземными РЛС?
2. От чего зависят нормы технических параметров РЛС аэропортов?
3. Каковы требования к составу и решаемым задачам РЛС, участвующих УВД?
4. Какие службы являются потребителями информации наземных РЛС?

Тема 3.2.2 Принципы построения радиолокационных систем УВД.

Определение радиолокационной позиции. Состав позиции в зависимости от совокупности решаемых задач и взаимодействия с другими радиотехническими средствами обеспечения полетов. Многоканальный принцип построения РЛС. Связь между эксплуатационными и техническими характеристиками РЛС УВД.

Литература: [3], с 18-34.

Центральные вопросы темы: состав позиции радиолокационных систем УВД, связь между тактическими и техническими характеристиками РЛС УВД.

Вопросы:

1. Опишите состав радиолокационной позиции УВД.

2. Для чего используется многоканальный принцип построения РЛС?
3. Какова связь между тактическими и техническими характеристиками РЛС УВД?

Тема 3.2.3 Обоснование и расчет тактических и технических характеристик РЛС

Дальность действия РЛС по точечным и объемным целям, дальность действия систем с активным ответом. Расчет тактико-технических характеристик наземных РЛС ГА, их взаимосвязь с параметрами бортовых РЛС. Связь этих характеристик с вопросами безопасности полетов, организацией воздушного пространства.

Требования ИКАО на тактико-технические характеристики РЛС различного назначения.

Литература: : [3], с. 36-52.

Центральные вопросы темы: дальность действия наземных РЛС, работающих по точечным и объемным целям, взаимосвязь параметров наземных и бортовых РЛС.

Вопросы:

1. От чего зависит дальность действия РЛС УВД?
2. Назовите состав тактических и технических характеристик РЛС УВД.

Тема 3.2.4 Трассовые и аэродромно-узловые РЛС обзора воздушного пространства.

Структурная схема трассовой РЛС. Тактические характеристики. Технические характеристики. Принципы использования трассовых РЛС в составе АС УВД. Построение антенной системы РЛС, принципы формирования диаграммы направленности и специфика размещения трассовых РЛС на местности. Многоканальный принцип построения приёмо-передающего факта. Защита от помех. Метод обзора воздушного пространства. Особенности построения трассовых РЛС 2-го и 3-го поколений, применение встроенного вторичного канала. Волноводный тракт РЛС, методы защиты входных цепей приёмника, управление поляризацией. Принцип построения передающего устройства и его структурная схема, оконечный усилитель мощности. Основные функции приемного устройства РЛС и принципы его построения. Функциональная схема. Аналоговая часть приемника. Цифровая часть приемника. Принцип действия и назначение отдельных элементов приемного тракта. Построение и принцип действия устройства селекции движущихся целей. Устройства адаптации трассовых РЛС к характеристикам помех, стабилизация ложных тревог. Индикаторные устройства, аппаратура первичной обработки информации (АПОИ), система контроля и аппаратура передачи радиолокационной информации потребителю.

Литература: [3], с. 114-170.

Центральные вопросы темы: структурная схема трассовой РЛС, многоканальный принцип построения приемопередающего тракта, использование режима селекции движущихся целей, индикаторные устройства РЛС и АПОИ.

Вопросы:

1. Нарисуйте упрощенную структурную схему трассовой РЛС.
2. Зачем используется многоканальный принцип построения приемопередающего тракта?
3. Назовите принцип действия отдельных элементов приемного устройства трассовой РЛС.

Тема 3.2.5 Аэродромные РЛС обзора воздушного пространства.

Структурная схема аэродромной РЛС и особенности её построения и схемных решений. Состав оборудования РЛС и задачи, решаемые аэродромной РЛС. Варианты аэродромных РЛС, их отличие. Типы аэродромных РЛС, используемых в ГА. Зоны воздушного пространства, обслуживаемые аэродромными РЛС и диспетчерский состав, являющийся потребителем радиолокационной информации. Требования ИКАО к тактико-техническим характеристикам аэродромных РЛС. Размещение РЛС на местности, зона обзора, требования к скорости обновления информации. Методы адаптации РЛС к помеховой ситуации в зоне её действия. Особенности работы РЛС в составе АС УВД.

Антенно-фидерный тракт, особенности установки антенны вторичного канала. Структура передающего тракта, генераторы СВЧ-колебаний. Методы управления частотой излучаемых электромагнитных колебаний. Амплитудный и фазовый каналы. Функциональная схема системы СДЦ, основные характеристики СДЦ, особенности системы череспериодной компенсации (ЧПК).

Вторичный канал аэродромных РЛС, принципы взаимодействия с бортовыми системами, режимы активного канала. Наземные устройства, сопрягаемые с аэродромной РЛС, их назначение, состав информации, выдаваемой из РЛС в сопрягаемую аппаратуру. Системы электроснабжения РЛС.

Литература: [3], с. 221-258.

Центральные вопросы темы: структурная схема аэродромной РЛС, зоны воздушного пространства, обслуживаемые аэродромными РЛС, вторичный канал аэродромной РЛС, работа РЛС в режиме СДЦ.

Вопросы:

1. Нарисуйте упрощенную структурную структурную схему аэродромной РЛС.

2. В чем заключаются особенности построения антенно-фидерных устройств аэродромной РЛС?
3. Зачем используется вторичный канал РЛС?
4. Нарисуйте структурную схему системы ЧПК.
5. Каков информационный состав параметров предоставляемых аэродромной РЛС системе УВД?

Тема 3.2.6 Посадочные и обзорно-посадочные РЛС аэропортов.

Основные задачи, решаемые с помощью посадочных РЛС(ПРЛ) при организации управления воздушным движением. Потребители радиолокационной информации. Состав оборудования посадочной РЛС, особенности размещения её на местности. Структурная схема и типы посадочных РЛС, используемых в ГА. Зона обзора и методы обзора воздушного пространства. Принципы измерения координат ВС и особенности построения антенной системы посадочных РЛС. Основные тактико-технические характеристики и нормы ИКАО на параметры РЛС. Волноводный тракт РЛС, назначение основных элементов, особенности построения коммутационных устройств. Канал передатчика, структурная схема, элементная база, принцип резервирования и особенности работы в режиме СДЦ. Приемный тракт РЛС. Защита входных цепей приемника. Каналы УПЧ и АПЧ, элементная база, принципы построения, методы контроля работоспособности.

Амплитудный и фазовый каналы, когерентный гетеродин и фазовый детектор. Работа приемника в режиме СДЦ. Цепи контроля подавления сигналов и неподвижных целей системой СДЦ.

Устройство череспериодной компенсации, функциональная схема, назначение и характеристики основных элементов, коэффициент подпомеховой видимости. Назначение ультразвуковой линии задержки, функциональная схема преобразования видеосигнала. Структурные схемы формирования чередующихся временных интервалов между импульсами запуска передатчика.

Защита РЛС от несинхронных помех. Индикаторные устройства, функциональная схема, особенности построения, каналы формирования масштабных меток по угловым координатам и дальности. Формирование линии курса и глиссады и зоны отклонений.

Литература: [3], с. 284-324.

Центральные вопросы темы: назначение посадочных РЛС, антенные устройства ПРЛ их работа в режиме СДЦ с возбуждающей периодом повторения зондирующего сигнала, формирование линии курса и глиссады, система отображения информации.

Вопросы:

1. Нарисуйте упрощенную структурную схему посадочной РЛС.
2. Каков принцип измерения координат ПРЛ?
3. Как выглядит изображение воздушного пространства на индикаторе

ПРЛ?

4. Как осуществляется формирование линии курса и глиссады на индикаторе ПРЛ?

Тема 3.2.7 Радиолокационные системы обзора летного поля.

Состав задач, решаемых с помощью РЛС ОЛП, основные потребители радиолокационной информации. Структурная схема РЛС, назначение и принцип работы основных блоков и узлов. Размещение РЛС в аэропортах. Характеристики диаграммы направленности антенны РЛС ОЛП. Тактико-технические характеристики РЛС. Особенности распространения радиоволн миллиметрового диапазона. Длительность и частота повторения зондирующих импульсов.

Конструкция антенного блока, размещение основных устройств в антенном узле. Структурная схема передающего устройства, генератор мощных СВЧ-колебаний миллиметрового диапазона. Назначение поляризационных решеток, установленных в антенном блоке.

Структурная схема приемного устройства, состав и назначение отдельных элементов схемы. Основные технические характеристики. Автоматические регулировки в приемном тракте и методы борьбы с помехами от гидрометеоров. Особенности конструкции и размещения приемника РЛС ОЛП.

Структурная схема индикаторного блока РЛС. Основные требования, предъявляемые к индикаторным устройствам, входящим в состав РЛС ОЛП. Использование телевизионных индикаторов и цифровых методов обработки радиолокационной информации.

Литература: [3], с. 324-331.

Центральные вопросы темы: структурная схема РЛС ОЛП, основные конструктивные элементы трактов РЛС ОЛП, тактико-технические характеристики РЛС ОЛП, назначение устройства управления поляризацией.

Вопросы:

1. Почему в РЛС ОЛП используется миллиметровый диапазон длин волн?
2. Для чего в РЛС ОЛП используется изменение поляризации излучаемых сигналов?
3. Назовите тактико-технические характеристики РЛС ОЛП.
4. Нарисуйте структурную схему приемника РЛС ОЛП.

Тема 3.2.8 Метеорологические радиолокационные станции

Структурная схема метеорологической РЛС, характеристика основных узлов. Состав задач, решаемых с помощью метеорологических РЛС. Основные типы метеорадиолокаторов, выпускаемых промышленностью. Потребители информации от метеолокаторов в гражданской авиации.

Тактико-технические характеристики. Характеристики метеоцелей (объектов обнаружения) и их связь с тактико-техническими параметрами метео-радиолокаторов. Выбор оптимальных длин волн излучаемых сигналов и многоканальный принцип построения метеолокаторов. Особенности антенно-фидерного устройства метеолокатора.

Канал индикации метеолокаторов, три типа индикаторов, их особенности и назначение. Устройства для выделения зон наиболее интенсивных метеобразований. Масштабная сетка РЛС, крупномасштабная индикация. Блоки контроля параметров отраженного сигнала и параметров приемного тракта. Основные режимы работы современных метеолокаторов, трансляция метеоинформации. Функциональная схема, назначение элементов. Принципы выделения метеоинформации, способы ее представления в системе отображения. Цифровые устройства обработки и выделения метеоинформации, функциональные схемы и принципы работы. Методы выделения метеоинформации в аппаратуре первичной обработки (АПОИ).

Литература: [3], с. 331-338.

Центральные вопросы темы: задачи, решаемые метеорадиолокатором, структурная схема метеорадиолокатора, основные режимы работы и устройство АПОИ метеорадиолокатора.

Вопросы:

1. Каково назначение метеорадиолокатора?
2. Назовите тактико-технические характеристики метеорологической РЛС.
3. Какие режимы работы радиолокатора используются для УВД?
4. Какая информация используется в АПОИ?

Тема 3.2.9 Вторичные радиолокационные станции УВД.

Необходимость использования систем с активным ответом (систем вторичной радиолокации - ВРЛ) при решении задач УВД в ГА. Основные задачи, решаемые с помощью вторичных РЛС, их достоинства и недостатки. Место и роль вторичных РЛС в автоматизированных системах УВД.

Обобщенная структура вторичной радиолокации, взаимодействие наземного и бортового оборудования. Состав передаваемой информации в системах ВРЛ, способы ее представления и основные потребители. Автономные вторичные РЛС и вторичные каналы первичных РЛС, принципы построения. Размещение ВРЛ на местности. Структурная схема вторичной РЛС, основные узлы и их назначение. Тактические характеристики ВРЛ. Нормы ИКАО и основные принципы выбора тактико-технических параметров ВРЛ. Нормы ИКАО на параметры ВРЛ. Структурная схема антенно-фидерного тракта, методы формирования диаграммы направленности, методы подавления боковых лепестков. Особенности антенно-фидерных трактов вторичных каналов первичных РЛС.

Передающее устройство вторичных РЛС, структурная схема, особенности электронных устройств, применяемых в оконечных каскадах передатчика. Формат излучаемых ВРЛ сигналов, нормы СССР и ИСАО на запросные коды. Элементы приемных устройств автономных ВРЛ и вторичных каналов обзорных РЛС, методы защиты входных цепей приемников.

Групповая аппаратура ВРЛ, структурная схема, дешифраторы отечественного и международного каналов, принцип действия. Обработка ответных кодов, исправление ошибок в принятой информации. Аппаратура отображения ВРЛ, структурная схема. Аппаратура отображения дополнительной информации от ВРЛ в АС УВД.

Литература: [3], с. 170-221.

Центральные вопросы темы: особенности использования вторичных РЛС, состав передаваемой информации и принципы ее кодирования в различных режимах работы, методы подавления запроса и ответа по боковым лепесткам ДНА вторичной РЛС.

Вопросы:

1. Какое значение имеют вторичные РЛС для УВД?
2. Кто является потребителем информации ВРЛ?
3. Каков принцип действия дешифратора канала УВД и ИСАО?
4. Опишите принцип защиты запроса ответчика по боковым лепесткам ДНА ВРЛ.
5. В чем различие в структуре принимаемой информации режимов УВД и RBS?

Тема 3.2.10 Устройства цифровой обработки сигналов РЛС УВД.

Роль и задачи, решаемые цифровыми устройствами при использовании РЛС в составе АС УВД. Реализация адаптивных свойств в РЛС при работе в сложных помеховых ситуациях на основе использования цифровых устройств обработки радиолокационных сигналов. Объединение и совместное отображение информации первичной и вторичной РЛС при их работе в составе АС УВД. Особенности построения узлов РЛС, содержащих цифровые и аналоговые устройства. Устройства адаптации и обработки, входящие в состав цифровой части приемного тракта РЛС, и автономные цифровые устройства первичной обработки радиолокационной информации.

Структурная схема, системы цифровой обработки сигналов и адаптации первичных РЛС. Основные задачи, решаемые цифровой частью приемного устройства РЛС. Функции, выполняемые отдельными узлами цифровой части.

Принципы взаимодействия между узлами цифровой части приемника при обработке радиолокационных сигналов. Структурная схема аппаратуры первичной обработки радиолокационной информации (АПОИ). Основные задачи, решаемые АПОИ, и принцип действия. Реализация функций обработки радио-

локационных сигналов и адаптации РЛС при работе в условиях интенсивных помех.

Принципы построения и особенности обработки информации амплитудного канала СДЦ; метеоканала и канала ВРЛ цифровых устройств РЛС. Устройство секторизации и принципы деления зоны обзора РЛС на элементарные ячейки по азимуту и дальности. Алгоритмы работы управляемых устройств адаптивного аттенюатора помех, формирователя нижней кромки, коммутатора "Амплитудный канал/СДЦ" и коммутатора устройства "ЛОГ-МПВ-АнтиЛОГ". Связь тактических характеристик РЛС с принципами построения и техническими характеристиками устройства квантования и дискретизации.

Устройства преобразования цифровой информации в аналоговую (ЦАП), функциональная схема, технические характеристики. Назначение ЦАП в устройстве цифровой обработки радиолокационной информации. Устройство цифровой селекции движущихся целей (ЦСДЦ), функциональная схема, принцип работы, особенности схемных решений, технические характеристики.

Цифровое устройство "ЛОГ-МПВ-АнтиЛОГ", функциональная схема, основные технические характеристики, особенности схемных решений этого устройства.

Цифровой обнаружитель, функциональная схема, принцип действия, синхронизация обнаружителя, критерии выбора цифрового порога.

Устройство объединения сигналов РЛС, структурная схема, назначение, принцип действия. Состав и назначение отдельных узлов устройства. Структурная схема накопителя импульсных сигналов, назначение, технические характеристики. Устройство квантования сигналов первичной РЛС аппаратуры первичной обработки информации, функциональная схема, особенности технических решений. Устройство движущегося окна (УДО), функциональная схема, принцип действия.

Особенности обработки двоично-кодированных сигналов (ДКС), управление длиной "окна", критерии обнаружения пачки ДКС. Устройство измерения азимута и дальности цели в АПОИ, формирование сигнала "перекрытие" и кода поправки дальности. Устройство обработки сигналов вторичной РЛС АПОИ, назначение, принцип действия, особенности функционирования. Устройство объединения сигналов первичной и вторичной РЛС, выполняемые функции, особенности технической реализации.

Литература: [3], с. 144-170, 254-256, 258-284.

Центральные вопросы темы: назначение цифровых устройств преобразования информации, назначение устройства "ЛОГ-МПВ-АнтиЛОГ", устройства объединения информации первичных и вторичных РЛС, устройство движущегося окна.

Вопросы:

1. Каково назначение и реализация устройства "ЛОГ-МПВ-АнтиЛОГ"?
2. Нарисуйте структурную схему накопителя импульсных сигналов.
3. Как адаптируется РЛС к сложной помеховой обстановке?

4. Опишите устройство измерения азимута и дальности цели в АПОИ.

4. Контрольная работа.

Для оценки степени самостоятельного усвоения теоретического материала в соответствии с Методическими указаниями по изучению дисциплины РЛС ВС и АП студент должен ответить на все контрольные вопросы приведенные ниже.

С целью наиболее полной подготовки к зачету и проверки усвоения теоретического материала студент должен выполнить и представить контрольную работу в установленный срок.

В содержание контрольной работы входит:

- подробный письменный ответ на вопросы из приведенного перечня контрольных вопросов заданий № 1,2 и 3.

Выбор соответствующего варианта задания осуществляется по сумме двух последних цифр шифра зачетной книжки студента. Например, если две последние цифры заканчиваются на «01» или «10», то он отвечает на первые вопросы всех трех заданий. Если две последние цифры зачетной книжки «99» - восемнадцатые вопросы всех заданий. В случае окончания номера зачетной книжки на «))» - девятнадцатые вопросы всех трех заданий. Материал изложения ответа на вопрос должен содержать рисунок, чертеж или функциональную схему, краткое описание принципа действия с указанием достоинств и недостатков рассматриваемой системы. Охарактеризовать назначение системы и место ее размещения или расположения.

ЗАДАНИЕ № 1

1. Проанализируйте выбор тактических характеристик для РЛС различного назначения.
2. Приведите перечень технических характеристик и поясните их влияние на качество радиолокационной информации.
3. Приведите описание и поясните построение обобщенной функциональной схемы радиолокационной системы.
4. Проанализируйте методы уменьшения динамического диапазона входных сигналов РЛС.
5. Проанализируйте применение различных типов антенн в РЛС ВС и АП.
6. Проанализируйте достоинства и недостатки различных типов антенных переключателей.
7. Проанализируйте достоинства и недостатки когерентных и некогерентных передающих систем РЛС.

8. Поясните назначение усилителей промежуточной частоты с логарифмической амплитудной характеристикой.
9. Проанализируйте построение амплитудных характеристик видео-усилителей в различных режимах работы РЛС.
10. Проанализируйте характеристики индикаторных устройств РЛС.
11. Проанализируйте назначение и принцип построения системы автоматической частоты(АПЧ).
12. Дайте характеристику различным методам построения синхронизаторов РЛС,
13. Приведите упрощенную схему СДЦ в структуре РЛС.
14. Поясните преимущества многократной системы череспериодной компенсации в СДЦ.
15. Проанализируйте качественные показатели истинно когерентных и псевдокогерентных РЛС.
16. Поясните методы компенсации помех с помощью дополнительных приемников. (подавление сигналов помех приходящих по боковым лепестка ДНА,
17. Проанализируйте методы цифровой обработки радиолокационных сигналов.
18. Приведите структурную схему цифрового измерителя дальности.
19. Приведите структурную схему цифрового измерителя угловых координат.

ЗАДАНИЕ № 2

1. Приведите структурную схему цифровой системы СДЦ.
2. Поясните назначение аппаратуры первичной обработки радиолокационной информации.
3. Приведите структурную схему и ТТХ АПОИ.
4. Поясните назначение двухчастотного построения РЛС АП.
5. Поясните назначение построения двухлучевой ДНА в вертикальной плоскости первичной РЛС.
6. Поясните назначение изменения поляризационной структуры сигнала первичной РЛС.
7. Приведите упрощенную структурную схему системы управления поляризацией первичной РЛС.

8. Назовите достоинства вторичной РЛС по сравнению с первичной.
9. Проанализируйте достоинства моноимпульсной системы ВРЛ.
10. Назовите и охарактеризуйте основные режимы ВРЛ.
11. Назовите основные различия в системе кодирования ответной информации режимов УВД и RBS.
12. Поясните применение метода подавление запроса по боковым лепесткам ДНА ВРЛ.
13. Поясните применение метода подавления сигналов ответчика, принимаемых по боковым лепесткам антенны ВРЛ.
14. Приведите структуру ответного кода номера борта самолетного ответчика в режиме УВД, соответствующего последним пяти цифрам своей зачетной книжки.
15. Приведите структуру ответного кода номера борта самолетного ответчика в режиме RBS, соответствующего последним четырем цифрам своей зачетной книжки (цифры 9 и 8 заменить нолями).
16. Поясните назначение и преимущества вторичной системы с адресным запросом (режим S).
17. Приведите структуру сигналов общего вызова и адресного запроса системы ВРЛ.
18. Приведите структуру сигнала ответа ответчика, работающего в режиме S.
19. Поясните принцип действия системы предупреждения столкновений TCAS II.

ЗАДАНИЕ № 3

1. Приведите классификацию радиолокационных устройств ГА.
2. Приведите ТТХ и структурную схему типовой метеонавигационной радиолокационной станции - МНРЛС (например «Грозы»).
3. Как изменяется построение и характеристики МНРЛС при изменении режимов работы станции.
4. Приведите ТТХ и структурную схему самолетного ответчика – СО (например СОМ-64).
5. Приведите ТТХ и структурную схему СПС TCAS-II, опишите принцип действия.
6. Приведите ТТХ и структурную схему трассового радиолокатора, опишите особенности построения.

7. Поясните назначение двухлучевой антенной системы трассового радиолокатора.
8. Приведите ТТХ и структурную схему аэродромного радиолокатора, опишите особенности построения.
9. Поясните назначение двухчастотного зондирования аэродромной РЛС.
10. Поясните назначение поляризационной адаптации антенно-фидерного тракта трассовой и аэродромной РЛС к условиям распространения сигналов.
11. Каково назначение и принцип построения устройства объединения сигналов двух частотных каналов РЛС.
12. Приведите ТТХ и структурную схему посадочного радиолокатора, опишите особенности построения.
13. Приведите ТТХ и структурную схему радиолокатора обзора летного поля, опишите особенности построения.
14. Приведите ТТХ и структурную схему метеорадиолокатора, опишите особенности построения.
15. Приведите ТТХ и структурную схему вторичного радиолокатора (ВРЛ), опишите особенности построения.
16. Приведите ТТХ и структурную схему моноимпульсной ВРЛ, опишите особенности построения.
17. Приведите ТТХ и структурную схему ВРЛ с дискретно-адресным запросом, опишите особенности построения.
18. Приведите структурную схему и ТТХ аппаратуры первичной обработки информации (АПОИ).
19. Поясните принцип построения устройства управления, контроля и трансляции в АПОИ.

При выполнении контрольной работы студент должен отвечать только на поставленный вопрос и не следует приводить описание всего информационного источника, используемого для ответа. Ответ должен быть лаконичным, но в то же время освещать заданный вопрос в полной мере. Рисунки и схемы можно представлять в сканированном виде. При изложении вопроса следует указывать источник информации, из которого используется данный материал с указанием страниц этого источника. Приведенный ниже список литературы не является полным и обязательным. В работе могут быть использованы любые официально зарегистрированные источники информации с обязательной ссылкой на них.

Внимание ! Методические указания и задания на курсовой проект размещены в отдельном источнике: Лутин Э.А. «МУ и задания к курсовому проектированию по дисциплине «Радиолокационные системы ГА» М:- РИО МГТУ ГА 2011 г.

Содержание.

	Стр.
Введение	
1. Рекомендуемая литература	2
2. Электронные средства информации	2
3. Содержание дисциплины	4
3.1 Содержание раздела радиолокационные системы ВС	4
3.2 Содержание раздела радиолокационные системы АП	10
3.3 Контрольная работа	18