

## Аннотация дисциплины

### **Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем – Б1.Б.1**

**Цель дисциплины:** изучение методов моделирования радиотехнических устройств и систем и развитие навыков использования средств моделирования.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 4.

**Содержание разделов:** *Методологические основы моделирования.* Понятие модели и моделирования. Математическая модель. Классификация методов моделирования. Модельно ориентированное проектирование. Основы использования MATLAB. Построение двумерных графиков. Настройка графиков через GUI. Анализ данных. Создание программ. Simulink. Математическое моделирование радиоустройств и систем. Формализация задачи моделирования РТС. Общий алгоритм моделирования РТС. *Моделирование сигналов.* Классификация сигналов в РТС. Описание сигналов АЦП. Описание сигналов при использовании методов несущей, комплексных амплитуд, статистических эквивалентов, информационного параметра. Преобразование Фурье. Интерпретация результатов. Метод несущей при моделировании радиосистем. *Моделирование звеньев радиосистем.* Моделирование линейных звеньев. Метод инвариантности импульсной характеристики. Метод билинейного преобразования. Метод замены дифференциалов. Проектирование цифровых фильтров. Задача проектирования фильтра. Проектирование по аналоговому прототипу. Прямые методы синтеза фильтров. Моделирование нелинейных инерционных звеньев. Метод комплексной огибающей при моделировании радиосистем. Базис функциональных элементов. *Использование статистических методов при моделировании радиосистем.* Метод статистических эквивалентов при моделировании радиосистем. Формирование случайных величин с заданным законом распределения. Формирование случайных процессов с заданными свойствами. Моделирование гауссовых случайных процессов с заданными корреляционными свойствами. Обработка результатов статистических экспериментов. Оценка закона распределения вероятностей. Проверка соответствия выбранной модели распределения данным эксперимента. Оценка моментов распределения. Оценка корреляционной функции случайного процесса. Оценка спектральной плотности мощности случайного процесса. *Упрощение и автоматизация моделирования и тестирования.* Метод информационного параметра при моделировании радиосистем. Использование метода информационного параметра при моделировании следящих систем. Специализированные средства моделирования и проектирования.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***История и методология науки и техники (применительно к радиотехнике) – Б1.Б.2***

**Цель освоения дисциплины** состоит: в изучении исторического опыта зарождения, становления и развития науки и технологий радиоэлектроники (РЭ); в сопоставлении различных видов деятельности специалистов - генераторов и двигателей развития наук и технологий РЭ; в привитии студентам навыков "системного и проектного мышления" как базы инновационной деятельности будущих специалистов; в определении места знаний и навыков студентов в методологиях исследования и проектирования систем и процессов на основе деятельностного подхода и системного анализа

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** Факты и аргументы истории РТ и РЭ. Создание теории электромагнитного поля и начало его экспериментального исследования. Первые шаги в экспериментальном и конструкторском освоении и использовании электромагнитных волн для целей беспроводной связи. Развитие принципов и совершенствование элементной базы для генерации и усиления высокочастотных сигналов. Радиосвязь и радиовещание – первое системное применение радиотехники. Совершенствование радиовещательных систем. 1.5) Радиотехника во второй Мировой войне. Движущие силы развития науки, техники и технологий. История создания радара. Радиоэлектроника в послевоенные десятилетия. История освоения новых частотных диапазонов. Методология исследования и инженерного проектирования РЭУ. Деятельность и ее виды. Инженерное проектирование РЭУ как особый вид деятельности. Структуры, стратегии, процедуры и операции проектирования РЭУ. Структура и стратегии процесса инженерного проектирования. Технологии выбора в процессе проектирования элементов, узлов и систем. Примеры проектирования элементов, узлов и систем РЭУ.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***Устройства приема и обработки сигналов – Б1.Б.3***

**Цель дисциплины:** освоение студентами принципов построения, характеристик и методов анализа, расчета и проектирования устройств приема и обработки радиосигналов.

**Место дисциплины в структуре ООП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерские программы: Радиотехнические методы и устройства формирования и обработки сигналов, Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 4.

**Содержание разделов:** Прохождение сигнала и шума через блок высокой частоты радиоприемника: энергетический спектр и автокорреляционная функция квазигармонического шума на выходе блока высокой частоты; статистические характеристики огибающей узкополосного шума; статистические характеристики огибающей суммы гармонического сигнала и узкополосного шума. Анализ помехоустойчивости приемника АМ сигнала: анализ прохождения сигнала и шума через линейный амплитудный детектор (АД); расчет отношения сигнала к шуму на выходе линейного АД. Анализ помехоустойчивости приемника ЧМ сигнала: статистические характеристики мгновенной частоты суммы гармонического сигнала и узкополосного шума; расчет отношения сигнала к шуму на выходе приемника ЧМ сигналов; пороговый эффект при приеме ЧМ сигналов. Основы синтеза оптимальных приемников: функция правдоподобия параметра при приеме сигнала на фоне нормального белого шума; структурная схема приемника, оптимального по критерию максимума апостериорной вероятности. Оптимальное обнаружение и различение сигналов: алгоритм и характеристики оптимального обнаружителя полностью известного сигнала; оптимальное обнаружение сигнала со случайной начальной фазой; оптимальное различение двух полностью известных сигналов. Оптимальный прием сигналов с использованием согласованных фильтров: характеристики согласованного фильтра (СФ); структура оптимального приемника с согласованными фильтрами; расчет чувствительности радиолокационного радиоприемника с СФ в режиме обнаружения; реализация согласованных фильтров для основных типов сигналов.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***Устройства генерирования и формирования сигналов - Б1.Б.4***

**Цель дисциплины:** изучить методы построения устройств генерирования колебаний и формирования радиосигналов, способных работать в широких полосах и удовлетворяющих повышенным требованиям

к энергетическим характеристикам этих устройств и спектральным характеристикам формируемых сигналов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Основные характеристики УГФС и показатели качества. Рабочие частоты. Требования к стабильности рабочих частот, и полосам перестройки и энергетическим характеристикам. Проблемы построения широкополосных усилителей мощности СВЧ диапазона. Спектральные характеристики формируемых сигналов. Побочные излучения с дискретными и сплошными спектрами. Фазовые шумы УГФС. Требования к допустимым уровням побочных излучений и фазовых шумов. Проблемы построения УГФС СВЧ диапазона с предельно низкими уровнями фазовых шумов. Широкополосные усилители мощности СВЧ с полосой до октавы. Функциональные схемы широкополосных усилителей мощности СВЧ с полосой до октавы. Особенности использования активных приборов и построения цепей межкаскадной связи. Схемотехника микрополосковых (МП) цепей трансформации импедансов, фильтрации, блокировки для широкополосных усилителей мощности. Основные характеристики МП цепей: геометрические характеристики, волновые сопротивления, угловые длины. Конструктивная база (материалы подложек, их основные параметры, рекомендации по выбору). Широкополосные усилители мощности УКВ с полосой до октавы на биполярных транзисторах. Входные частотно-корректирующие цепи отражающего и поглощающего типов. Широкополосные выходные трансформаторы импеданса. Основные этапы проектирования широкополосных усилителей мощности с полосой до октавы. Широкополосные усилители мощности с полосой более октавы. Сферы применения и особенности построения широкополосных усилителей мощности с полосой более октавы. Цепи межкаскадного согласования на линейных трансформаторах с ферритовыми магнитопроводами (трансформаторах Рутроффа) Варианты конструкций трансформаторов Рутроффа. Основные этапы проектирования широкополосных усилителей мощности с полосой более октавы. Ключевые усилители мощности. Сферы применения ключевых усилителей мощности, их возможности и ограничения. Особенности рабочих режимов активных приборов в таких усилителях. Ключевые усилители мощности на биполярных транзисторах. Однотактные и двухтактные схемы. Основные этапы проектирования ключевых усилителей мощности. Понятие о шумовых характеристиках УГФС. Источники и механизмы влияния собственных шумов компонентов УГФС на шумовые составляющие формируемых сигналов. Фазовые (ФМ) и амплитудные (АМ) шумы функциональных узлов УГФС и их спектральные характеристики. Спектральные плотности мощности (СПМ) ФМ шумов как один из важных показателей качества автогенераторов и УГФС в целом. Стандартизованные методы количественного описания ФМ шумов и формулировки требований к ним. ФМ и АМ шумы, вносимые основными функциональными узлами УГФС. Методы построения малошумящих УГФС. Физические источники шумов в функциональных узлах УГФС. Механизмы преобразования электрических шумов в неавтономных каскадах УГФС (резонансных усилителях, умножителях и делителях частоты) в ФМ и АМ шумы. Расчёт СПМ ФМ и АМ шумов методом укороченных уравнений и квазистационарным методом. Механизмы преобразования электрических шумов в автогенераторах (АГ) в ФМ и АМ шумы и особенности спектральных характеристик ФМ шумов автогенераторов. Расчёт СПМ ФМ и АМ шумов автогенераторов. Анализ влияния параметров компонентов и режимов на уровни ФМ и АМ шумов автогенераторов и неавтономных каскадов. ФМ и АМ шумы первичных источников колебаний: LC-АГ, АГ управляемых по частоте напряжением, АГ с кварцевыми резонаторами. Шумы многокаскадных УГФС. Методы построения источников колебаний с высокой стабильностью частоты и предельно низкими уровнями ФМ шумов, работающих в заданной полосе частот. Методы и средства измерения ФМ шумов. АГ и функциональных узлов, определяющих уровни ФМ шумов УГФС.

## Аннотация дисциплины

### *Теория и техника радиолокации и радионавигации - Б1.Б.5*

**Цель дисциплины:** изучение теории и техники радиолокационных и радионавигационных систем.

**Место дисциплины в структуре ООП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов:** Задачи решаемые радиолокацией. Тактико-технические характеристики радиолокационных систем. Виды радиолокационной информации и способы их получения. Радиолокационные цели: сосредоточенные, распределенные и объемно-распределенные и поверхностно-распределенные. Энергетические соотношения в радиолокации. Однопозиционные, бистатические и многопозиционные системы. Типовая блок-схема РЛС и состав аппаратуры РЛС. Характеристики сигналов РЛС. Статистический подход к синтезу оптимальных алгоритмов обнаружения, измерения координат, параметров движения и распознавания объектов. Расчеты характеристик обнаружения и потенциальной точности определения координат параметров движения. Методы и алгоритмы измерения дальности. Потенциальная и реальная точность измерения дальности, выбор оптимальной формы зондирующего сигнала. Импульсный, частотный и фазовый радиодальномеры. Пределы однозначного отсчета, точность и разрешающая способность радиодальномера. Выбор оптимальной формы зондирующего сигнала в задачах измерения дальности. Особенности работы радиодальномеров в бортовых и стационарных наземных комплексах. Автосопровождение по дальности. Методы измерения радиальной и тангенциальной скорости. Потенциальная и реальная точность измерения скорости, пределы однозначного отсчета скорости, разрешающая способность. Выбор оптимальной формы зондирующего сигнала в задачах измерения скорости. Радиоизмерители скорости активных и пассивных объектов. Автосопровождение целей по скорости. Основные характеристики обзорных систем. Методы и алгоритмы измерения угловых координат. Одномерный последовательный обзор пространства и определение угловых координат по центру пачки. Потенциальная и реальная точность измерения угловых координат. Амплитудные, фазовые и корреляционно-фазовые радиопеленгаторы. Моноимпульсные радиопеленгаторы. Радиоинтерферометры. Автосопровождение целей по угловым координатам. Пределы однозначного отсчета, точность и разрешающая способность радиоизмерителей угловых координат различного типа. Картографирование поверхности с высокой разрешающей способностью с борта летательных и космических аппаратов методом синтезирования апертуры антенны и обнаружение малоразмерных объектов на фоне земной поверхности. Радиолокационные комплексы обзора пространства и определения угловых координат. Автономные системы радионавигации: радиовысотомеры (РВ), доплеровские измерители скорости и угла сноса (ДИСС), корреляционно-экстремальные системы навигации на базе радиовысотомеров и радиолокаторов с синтезированной апертурой антенны (РСА). Выбор диапазона радиоволн для различных систем. Энергетические соотношения в автономных радионавигационных системах. Особенности радиовысотомеров больших и малых высот. Характеристики отражения от гладкой и шероховатой поверхности. Реализация следящих РВ. Погрешности измерения высоты. Навигационный треугольник. Однолучевые и многолучевые ДИСС. Выбор оптимальной ориентации лучей многолучевой ДНА. Особенности реализации. Морской эффект в ДИСС. Погрешности измерения скорости и угла сноса летательного аппарата. Системы счисления пути. Принципы реализации корреляционно-экстремальных систем автономной навигации. Погрешности местоопределения. Развитие радионавигации по рельефу местности и другим радиофизическим полям Земли. Методы борьбы с активными и пассивными помехами. Расчет характеристик радиолокационных систем с системами селекции движущихся целей (СДЦ). История развития радиолокационных и радионавигационных систем. Перспективы развития и совершенствования теории и техники радиолокационных и радионавигационных систем. Улучшение распознавания объектов, методов радиовидения с использованием сверхширокополосных сигналов, антенн с синтезированной апертурой, новых диапазонов радиоволн и многодиапазонных ак-

тивных фазированных антенных решеток. Трехмерное картографирование поверхности с использованием космических бортовых радиоинтерферометров РСА. Радиолокационные системы подповерхностного зондирования (георадары).

#### **Аннотация дисциплины**

##### ***Радиотехнические системы передачи информации – Б1.Б.6***

**Цель дисциплины:** изучение принципов построения различных радиотехнических систем передачи информации; характеристик этих систем; приемы, позволяющие реализовать требуемую помехоустойчивость различных радиотехнических систем передачи информации.

**Место дисциплины в структуре ООП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 3.

**Содержание разделов:** Обобщенная функциональная схема радиотехнических систем передачи информации. Многоканальные системы передачи. Методы уплотнения и разделения информации в многоканальных системах. Сообщения, сигналы, методы их описания, понятие цифрового многопозиционного сигнала. Формирование цифровых сигналов, схемы модуляторов. Характеристики цифровых сигналов. Оптимальный алгоритм демодуляции (различения) цифрового многопозиционного сигнала с точно известными параметрами на фоне белого гауссовского шума. Потенциальная точность различения сигналов. Связь качества передачи сообщений и энергетических соотношений в канале связи. Примеры построения приемников многопозиционных сигналов с постоянной огибающей и сигналов типа QAM. Помехоустойчивое кодирование, используемое для повышения верности передачи информации. Линейные блочные и сверточные коды. Основные характеристики кодов. Методы декодирования. Удельные расходы полосы и энергии для различных сочетаний методов модуляции и кодирования. Системы синхронизации в приемниках цифровых сигналов. Схемы восстановления несущего колебания при использовании сигнала 2ФМ, 4ФМ. Влияние ошибок синхронизации на качество передачи сообщений.

#### **Аннотация дисциплины**

##### ***Основы телевидения - Б1.Б.7***

**Цель дисциплины:** обеспечение базовой подготовки студентов в области теории телевидения и телевизионных систем.

**Место дисциплины в структуре ООП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов:** Приводятся краткие сведения из истории телевидения (ТВ), рассмотрена структура рабочей программы дисциплины. Функциональная схема ТВ системы. Обзор современного состояния ТВ и основные тенденции их развития. Формирование оптического изображения. Светоделение. Классификация и характеристики оптических и ТВ изображений. Критерии оценки качества ТВ изображе-

ния. Зрительная система человека. Основные характеристики зрения (чувствительность, восприятие яркости, различимость градаций, разрешающая способность, восприятие пространства и др.). Цветовое зрение. Механизмы и характеристики цветовосприятия. Основы колориметрии, цветовые измерения и расчеты. Связь между спектральными характеристиками и цветом. Анализ и синтез изображений. Частотный спектр сигналов изображения. Построение ТВ раstra. Выбор параметров ТВ раstra. Переходные процессы в цифровых преобразователях изображения. Синхронизация процессов анализа и синтеза изображений. Преобразователи изображений. Твердотельные преобразователи изображений. Принципы построения и характеристики линейных и матричных ПЗС- и КМОП-преобразователей. Управление характеристиками твердотельных преобразователей. Принципы формирования сигналов цветного ТВ. Многоканальные преобразователи изображений. Структурная схема видеокамеры. Краткие технические характеристики основных узлов. Обработка сигналов и качество ТВ изображения. Цифровое представление сигналов изображения. Дискретизация и квантование сигналов. Цифровое кодирование и обработка видеосигналов. Коррекция полутоновых, апертурных и цветовых искажений. Противошумовая коррекция. Компрессия видеoinформации. Дискретное косинусное преобразование. Виды алгоритмов сжатия сигналов изображений. Согласование параметров сигналов и характеристик каналов связи. Яркостный и цветоразностные сигналы. Системы цветного ТВ с частотным уплотнением спектра. Системы цветного ТВ NTSC, SECAM, PAL. Временное уплотнение сигналов в системах цветного ТВ. Алгоритмы эффективного статистического кодирования. Сжатие с потерями (по формату JPEG). Компрессия динамических изображений в форматах MPEG. Квантование и управление потоком данных. Формат MPEG-2 в цифровых ТВ системах. Системы ЦТВ. Принципы формирования цветного изображения: Дискретные устройства с плоским экраном. Качество цветного изображения. ТВ приемники. Особенности структурных схем ТВ приемников. Приемники цифровых ТВ сигналов. Перспективы развития телевидения от ТВ стандартной четкости к ТВЧ и ТСВЧ. Основные понятия по видеотехнике. Видеокамеры и камкордеры. Web – IP – Smart – камеры. Многофункциональные дисплеи. Эволюция видеосистем. Современное состояние видеотехники. Видеомагнитофоны. Основные принципы устройства и работы видеомагнитофонов. Особенности записи видеосигнала на магнитную ленту. Распространенные форматы записи: VHS, S-VHS, C-VHS, Video-8, BETACAM. Цифровая запись. Цифровые видеомагнитофоны. Стандарты DVCAM, DVCPRO, D-BETACAM, их модификации. Цифровая запись видеосигнала на дисковые накопители. Пакетное представление сигнала. Накопители на жестких дисках (винчестеры), используемые в видеозаписи. Цифровая запись видеосигнала на лазерные диски. Лазерные проигрыватели компакт-дисков. Основные принципы устройства и работы проигрывателей компакт-дисков. Типы компакт-дисков: CD, CD-R, CD-RW, DVD, DVD-R, DVD-RW, Blu-Ray – диски, в т.ч. и HD. Проигрыватель компакт-дисков. Основные параметры лазерных проигрывателей компакт-дисков. Голографические лазерные диски. Запись 3D TV. Цифровая запись видеосигнала на РЕПЗУ. Flash – память и устройства записи/хранения видеoinформации на них. Тенденции развития. Тенденции развития видеотехники. Медийные системы сбора, хранения, обработки и представления информации. Взаимопроникновение медиа на различных телекоммуни-кационных платформах: цифровое телевидение DVB ( S, S2, T, T2, C, H ), IPTV, контент -услуги мобильных операторов, операторов Internet-услуг и широкополосного доступа ( Wi Fi, WiMAX и др.). Облачные технологии. Специальная видеотехника. Охранные системы видеонаблюдения и видеозаписи. Системы распознавания, обнаружения. Военное применение видеотехники.

## Аннотация дисциплины

### *Проблемы современной математики - Б1.В.ДВ.1.1*

**Цель дисциплины:** изучение языка, основных конструкций и методов современной математики, а также способов их применения в инженерной и исследовательской деятельности.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина по выбору блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 5.

**Содержание разделов:** Формирование стиля математических рассуждений, языка, символов; логика и демагогия. Задачи анализа и задачи синтеза; примеры. Основы теории множеств; отношения эквивалентности, порядка, функциональные; графы; классы эквивалентности. Геометрические структуры; симметрия; примеры геометрических структур в естественнонаучных теориях. Общий план применения математики для постановки и решения исследовательских и инженерных задач. Мультикритериальная оптимизация. Соотношение математической модели и ее прообраза; абстракция; примеры математических моделей реальных объектов; принципы и методы математического моделирования; реализуемость математической модели. Понятия объекта, метода и свойства в программировании; идеология объектно-ориентированного программирования; языки программирования, позволяющие реализовывать объектно-ориентированное программирование; Компьютерная реализация переменных и процессов, в том числе, случайных; непосредственное построение компьютерной модели. Аппроксимация; прогноз; оптимизация; управление. Основные понятия и задачи теории динамических систем; фазовые портреты; компьютерные методы построения и исследования фазовых портретов многомерных систем; представления качественных свойств в компьютерах; изменение свойств при выполнении программы; исследование этих свойств компьютерными методами. Исследование эволюционирующей (адаптирующейся) компьютерной модели.

Построение объекта с заданными свойствами; его реализуемость. Основы теории возмущений в конечномерном пространстве. Аналитическое возмущение собственных значений. Ряды в теории возмущений. Традиционный метод определения поправок  $\lambda_{kj}$  и  $s_{kj}$ . Алгоритм расщепления в задачах теории ветвления. Понятие ветвления решений нелинейных уравнений. Алгоритм расщепления в задачах теории ветвления. Метод расщепления при исследовании задачи Коши на полуоси для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с периодической матрицей. Основные понятия метода расщепления для неавтономной системы. Приведение неавтономной системы с матричным рядом из периодических достаточно гладких функций к эквивалентной системе с почти диагональной постоянной матрицей. Асимптотическое представление решения задачи Коши. Метод расщепления при исследовании задачи Коши на полуоси для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с полиномиальной матрицей. Приведение неавтономной однородной системы с матричным рядом из полиномиальных функций к эквивалентной системе с почти диагональной матрицей. Асимптотическая устойчивость решения задачи Коши. Метод расщепления при исследовании задачи Коши на полуоси для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с полиномиально периодической матрицей. Приведение неавтономной однородной системы с матричным рядом из полиномиально периодических функций к эквивалентной системе с почти диагональной матрицей. Итерационный алгоритм. Устойчивость решения задачи Коши.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***Теория случайных процессов и статистического синтеза РТУ - Б1.В.ДВ.1.2***

**Цель дисциплины:** изучение методов синтеза радиотехнических устройств с применением теории оценивания постоянных параметров сигнала и теории оптимальной линейной фильтрации.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина по выбору блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 5.

**Содержание разделов:** Основы стохастического анализа. Общее определение случайного процесса. Измеримые множества событий. Вероятностное пространство. Непрерывность случайного процесса. Дифференцирование и интегрирование случайных процессов. Действие линейного оператора на случайный процесс. Линейное стохастическое дифференциальное уравнение  $n$ -го порядка. Задача Коши. Эргодические процессы. Основы стохастического анализа. Вычисление характеристик стационарного процесса. Марковские процессы. Общие свойства марковских процессов. Марковские процессы с дискретными состояниями. Марковские процессы с непрерывными состояниями. Уравнения Колмогорова и Фоккера-Планка-Колмогорова. Нахождение плотности вероятностей марковского процесса. Примеры. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Основные положения теории оценивания параметров сигнала; функция правдоподобия. Критерий оптимальности; способы нахождения оценок максимального правдоподобия. Элементы теории оптимальной линейной фильтрации; фильтры Винера-Хопфа и Заде-Рагазини. Согласованная фильтрация; фильтр Калмана-Бьюси. Нелинейная фильтрация марковских процессов; фильтры Ито и Стратоновича. Синтез фазовых дискриминаторов (ФД); характеристики оптимального алгоритма ФД. Синтез частотных дискриминаторов (ЧД); характеристики оптимальных алгоритмов ЧД. Синтез пространственно-временных дискриминаторов.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***Локационные методы исследования объектов и сред - Б1.В.ДВ.2.1***

**Цель дисциплины:** углубленное освоение методологии и средств локации, применяемых для исследований Земли и космического пространства при решении задач океанографии, метеорологии, геологии и геодезии, ледовой разведки, для изучения растительного покрова, экологического мониторинга и радиоастрономии.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Основные определения. Принципы измерения координат и параметров движения объектов. Локационные цели. Сложные и групповые цели. Объемно-распределенные цели. Поверхностно-распределенные цели. Тактико-технические характеристики локационных систем. Энергетические соотношения в задачах дистанционного зондирования. Статистический подход к синтезу оптимальных алгоритмов обнаружения и оценки параметров радиолокационных сигналов. Расчеты характеристик обнаружения и потенциальных точностей характеристик локационных систем. Требования к носителям прибо-

ров дистанционного зондирования, предназначенных для исследования окружающей среды. Формирование орбит космических носителей аппаратуры дистанционного зондирования Земли. Комплексирование аппаратуры дистанционного зондирования, системы сбора и передачи информации. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах. Особенности пассивного визирования. Радиотепловое излучение. Радиометрические приемники. Реализация спутниковых радиометрических комплексов. Пассивная локация малозаметных объектов. Пассивное визирование в инфракрасном диапазоне. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах. Особенности скаттерометрии в радиодиапазоне. Задачи, решаемые скаттерометрами. Методы обзора пространства. Методы пространственной селекции. Способы снятия характеристик отражения и обеспечение точности измерений. Режим работы скаттерометров. Примеры некоторых разработанных и испытанных радиоскаттерометрических систем для исследования характеристик морской поверхности. Результаты экспериментальных измерений характеристик отражения скаттерометрами и использования их для определения некоторых свойств земных покровов. Задачи, решаемые прецизионным радиовысотометром космического базирования. Обзор современного состояния спутниковой радиовысотометрии. Анализ статистических характеристик сигналов прецизионного радиовысотометра, отраженных от морской поверхности. Синтез оптимальных алгоритмов обработки отраженных сигналов и оценка потенциальной точности измерения высоты. Особенности реализации структурной схемы прецизионного радиовысотометра. Назначение РСА и способы обзора пространства. Принцип получения высокого разрешения по поверхности. Анализ траекторного сигнала. Принцип обработки сигналов РСА. Расчет основных параметров и выбор формы зондирующего сигнала. Принципы построения РСА.

Структурная схема РСА и оценка качества получаемой информации. Системы цифровой обработки. Интерферометрический режим работы РСА. Электрические свойства сред с потерями (диссипативные среды) и их влияние на характеристики прохождения радиоволн. Отражение электромагнитных волн от слоистой среды. Методы радиолокационного подповерхностного зондирования. Особенности обработки подповерхностных сигналов. Общие сведения о радиоастрономии. Радиоизлучение дискретных и пространственно-протяженных радиоастрономических космических объектов. Требования к радиотелескопам. Зеркальные радиотелескопы. Многоэлементные радиотелескопы с незаполненной апертурой. Апертурный синтез в радиоастрономии. Радиолокационные исследования планет с Земли и с космических аппаратов. Внеатмосферная астрономия.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***Цифровые телевизионные системы, микропроцессоры и программируемые логические интегральные схемы в телевидении - Б1.В.ДВ.2.2***

**Цель дисциплины:** закрепление теоретических знаний, полученных студентами при изучении основ телевидения (в части «Цифровое телевидение») и получение практических навыков взаимодействия с аппаратурой, имеющейся и разрабатываемой на кафедре РТП и АС, используемой при разработке, исследовании, тестировании и наладке специализированного телевизионного оборудования.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Эволюция ТВ. История цифрового телевидения. Аналоговые и цифровые телевизионные системы. Что такое цифровое телевидение? Основные параметры системы ТВ вещания России. Цифровое и спутниковое ТВ. Кабельное ТВ. Тенденции развития телевидения. Основные принципы передачи и воспроизведения ТВ изображений. Состав, назначение и особенности полного телевизионного сигнала. Формирование телевизионного сигнала и его передача в канал связи. Системы цветного телевидения. Получение цветного изображения. Цветосовместимые системы в телевидении. Цифровое представление сигналов. Дискретизация сигнала во времени. Теорема Котельникова. Дискретизация и интерполяция одномерных сигналов. Плоское – двумерное изображение. Восстановление изображений. Особенности шумов дискретизации. Спектры шумов дискретизации. Квантование сигналов изображения. Корреляция ошибок квантования. Равномерное квантование. Параметры квантования, шумы. Неравномерное квантование. Гамма коррекция. Обработка квантованных величин. Кодирование сигнала. Цифровое кодирование сигналов изображения. Кодирование с предсказанием. Передача информации в цифровом виде. Вейвлет-преобразование. Базисные функции вейвлет-преобразования. Свойства вейвлет-преобразования. Отображение преобразования. Дискретное вейвлет-преобразование. Вейвлет-преобразование простых сигналов. Созвездия дискретной модуляции. Виды модуляции сигнальные созвездия. Эффективность использования полосы частот. Фильтрация сигналов в передающих и приемных устройствах. Многочастотная модуляция. Схемы модуляторов и демодуляторов. Стандарты цифрового телевизионного

вещания. Связь со стандартами MPEG-2 и MPEG-4 Стандарты MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7. Схемы передающей и принимающей частей системы DVB-T. Структурная схема статистического кодера системы DVB-T. Схемы комповщика и распаковщика. Функциональность цифровых систем. схемы передачи/приема дискретной информации. До-бавление избыточности и помехоустойчивое кодирование. Принципы кодирования источника сообщений. Помехоустойчивые коды Линейные блочные коды. Вероятность ошибки де-кодирования. Рекомендации по разработке стандарта DVB-T2. Форматы входных данных. Подсистема входного интерфейса. Постоянство скоростей битовых потоков. Детектирование ошибок. Режимы адаптации. Внутриполосная сигнализация. Последовательность скремблирования. Модуль формирования кадров. Генерация, кодирование и модуляция сигнализации уровня. Сигнал ОБПФ. Спектральные характеристики звуковых сигналов. Пространственное восприятие звуковых сигналов. Звуковые кодаки. Принципы кодирования речевой информации. Методы кодирования речи. Импульсно-кодовая модуляция. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Обработка сигналов при дельта-модуляции. Адаптивной дельта-модуляции. Принципы кодирования речевой и звуковой информации. Цифро –аналоговый преобразователь (ЦАП). Классификация ЦАП, интерфейсы. Параметры и применение ЦАП. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Классификация АЦП по методам преобразования. Сигма-дельта АЦП. Преобразователи напряжение-частота. Параметры АЦП. Программируемые логические интегральные схемы. Реализация алгоритмов ЦОС на базе ПЛИС. Структурная схема, построение, программирование, конфигурирование и синхронизация ПЛИС. Архитектура и быстродействие. Современное состояние ПЛИС. Тестирование устройств. Средства построения высококачественных систем синхронизации. Выбор ПЛИС и реализация цифровых устройств. Особенности ПЛИС фирмы Altera и Xilinx. Программное обеспечение – САПР. Макетирующая плата Cyclone II FPGA Starter Board Development Kit. Приемники ТВ сигнала. Приборы с зарядовой связью. Матричные ПЗС с кадровым и строчным переносом. Многосигнальные матричные ПЗС. Чувствительность и разрешающая способность матричных преобразователей. Пространственное разрешение ПЗС. КМОП-преобразователь изображения. Скоростная КМОП-матрица. Динамические характеристики преобразователей изображений. Специализированные ТВ системы в задачах позиционирования. Использование ПЛИС в специализированных ТВ системах при решении задачи идентификации и распознавания образов. Методы лазерной дистанционной диагностики КР и ЛИФ. Построение лидаров Области использования лидаров. Принципы построения системы распознавания образов. Построение специализированной цифровой ТВ системы для решения задач распознавания. Основные типы микропроцессоров, особенности архитектуры, технология изготовления программирование. Микропроцессорные комплекты. Обработка и анализ экспериментальных данных. Понятие точности и наиболее вероятных искомым данных. Аппаратурная реализация специализированных цифровых ТВ систем. Многофункциональные модульные приборы фирмы National Instruments. Архитектура стандарт PXI и среда графического программирования NI LabVIEW. Преимущества PXI. Построение измерительного комплекса для изучения канала связи. Знакомство с методами и средствами исследования телевизионных параметров. Телевизионный сигнал. Шумы и ТВ помехи. Параметры ТВ сигнала. Требования к качеству.

#### **Аннотация дисциплины**

#### ***Аппаратура потребителей СРНС – Б1.В.ДВ.2.3***

**Цель дисциплины:** изучение принципов построения и функционирования навигационной аппаратуры потребителей (НАП) СРНС, методы анализа и проектирования НАП.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина по выбору блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** Назначение НАП СРНС. Обобщенная функциональная схема НАП. Принципы построения НАП: антенна, радиочастотный блок, первичная и вторичная обработка. Антенна НАП: диаграмма направленности, поляризация. Предварительный МШУ: назначение, структурная схема, характеристики, коэффициент шума. Радиочастотный блок: обобщенная структурная схема, основные характеристики (коэффициент усиления по тракту, промежуточные частоты, полосы пропускания фильтров). Радиочастотный блок в совмещенной НАП, работающей сигналам нескольких частотных диапазонов или по сигналам нескольких СРНС (ГЛОНАСС, GPS, Galileo). Аналого-цифровой преобразователь (АЦП). 1-битное, 2-битное, многобитное АЦП, основные характеристики, области применения. Опорный генератор и его характеристики. Синтезатор частот: принципы построения, основные характеристики. План частот НАП\_Назначение, принципы построения и структура коррелятора. Несмещенный, запаздывающий и опережающий корреляторы. Статистические характеристики корреляторов. Поиск сигналов по задержке и частоте. Система слежения за фазой сигнала Система слежения за частотой сигнала. Системы слежения за задержкой сигнала. Система слежения за задержкой сигнала с поддержкой от следящей системы за фазой сигнала. Назначение вторичной обработки сигналов. Демодуляция навигационных данных. Декодирование навигационных данных. Подходы к решению навигационной задачи. Одношаговый алгоритм решения навигационной задачи. задачи. Одношаговый алгоритм решения навигационной задачи. Характеристики поиска навигационных сигналов. Точностные характеристики слежения за задержкой, доплеровским смещением частоты, фазой. Точностные характеристики измерения координат и скорости потребителя. Бюджет погрешностей измерения дальности и радиальной скорости. Бюджет погрешностей измерения координат. Общее определение помехоустойчивости. Бюджет погрешностей измерений в дифференциальном режиме. Помехоустойчивость режима поиска сигналов, схем слежения за фазой, задержкой и частотой.

#### **Аннотация дисциплины**

##### ***Методы сжатия данных и видеоинформации – Б1.В.ДВ.3.1***

**Цель дисциплины:** изучение принципов неразрушающего и разрушающего сжатия видеоданных и видеоинформации.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина по выбору блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** Формирование оптического изображения. Классификация и характеристики оптических и ТВ изображений. Критерии оценки качества ТВ изображения. Анализ и синтез изображений. Частотный спектр сигналов изображения. Построение ТВ растра. Выбор параметров ТВ растра. Переходные процессы в цифровых преобразователях изображения. Синхронизация процессов анализа и синтеза изображений. Преобразователи изображений. Принципы формирования сигналов цветного ТВ. Многосигнальные преобразователи изображений. Обработка сигналов и качество ТВ изображения. Цифровое представление сигналов изображения. Дискретизация и квантование сигналов. Цифровое кодирование и обработка видеосигналов. Коррекция полутоновых, апертурных и цветовых искажений. Противошумовая коррекция. Компрессия видеоинформации. Дискретное косинусное преобразова-

ние. Виды алгоритмов сжатия сигналов изображений. Алгоритмы эффективного статистического кодирования. Сжатие без потерь. Сжатие с потерями (по формату JPEG). Компрессия динамических изображений в форматах MPEG. Квантование и управление потоком данных. Формат MPEG-2 в цифровых ТВ системах.

#### **Аннотация дисциплины**

##### ***Методы оптимального приема сигнала в радионавигационной аппаратуре – Б1.В.ДВ.3.2***

**Цель дисциплины:** изучение методов и алгоритмов оптимальной обработки сигналов в радионавигационной аппаратуре.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина по выбору блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** Основы теории случайных событий и процессов. Статистическое описание сигналов и помех. Плотности вероятности. Корреляционные функции. Спектральные плотности мощности. Априорная и апостериорная плотности вероятности. Критерии оптимальности. Обнаружение навигационных сигналов. Характеристики обнаружения. Использование некогерентного накопления для улучшения характеристик обнаружения. Поиск. Оценки максимального правдоподобия: амплитуды сигнала, фазы сигнала, задержки огибающей, задержки сигнала по фазе, доплеровского смещения частоты, совместной оценки задержки по огибающей и доплеровского смещения частоты. Поиск сигналов, постановка и общее решение задачи поиска, как задачи оценки параметров сигнала. Оценки максимального правдоподобия параметров радиосигнала. Общее решение задачи синтеза оптимального алгоритма оценки цифровых данных навигационного сообщения. Потенциальная точность оценок максимального правдоподобия: основные соотношения, нижняя граница Рао-Крамера. Потенциальная точность оценок амплитуды сигнала, фазы сигнала, задержки огибающей, задержки сигнала по фазе, доплеровского смещения частоты, совместной оценки задержки по огибающей и доплеровского смещения частоты (применительно к сигналам СРНС). Основные положения теории оптимальной нелинейной фильтрации при приеме навигационных сигналов. Апостериорная плотность вероятности (АПВ). Одномодальные и многомодальные АПВ в задачах приема и обработки навигационных сигналов. Гауссовская аппроксимация АПВ: основные определения и соотношения, границы применимости. Оптимальный дискриминатор и оптимальный фильтр в обобщенной оптимальной следящей системе. Оптимальная линейная фильтрация информационных процессов. Эволюция апостериорной плотности вероятности. Уравнения фильтра Калмана. Структурная схема оптимального линейного фильтра. Общая характеристика дисперсионных уравнений. Когерентный и некогерентный прием навигационных сигналов. Синтез оптимальных когерентных дискриминаторов фазы и задержки при приеме сигналов СРНС. Синтез оптимальных некогерентных дискриминаторов доплеровской частоты и задержки при приеме сигналов СРНС. Статистические характеристики оптимальных дискриминаторов: задержки, фазы доплеровской частоты (когерентных и некогерентных). Синтез оптимальных дискриминаторов двухкомпонентных навигационных сигналов. Линеаризация дискриминаторов следящих систем. Статистические характеристики дисперсии шума на выходе дискриминатора, приведенной к измеряемому параметру. Эквивалентные линейные наблюдения фильтруемых процессов при синтезе оптимальных следящих систем. Методика использования теории оптимальной линейной фильтрации для синтеза сглаживающих фильтров следящих систем. Синтез оптимальных сглаживающих фильтров для следящих систем: за фазой, задержкой и доплеровской частотой сигнала. Точность оценки фазы, задержки и доплеровской частотой сигнала в соответствующих оптимальных следящих системах. Постановка задачи синтеза оптималь-

ных алгоритмов решения навигационной задачи. Одношаговый алгоритм решения навигационной задачи. Фильтрационные автономные алгоритмы решения навигационной задачи. Фильтрационный комплексный алгоритм решения навигационной задачи. Синтез оптимальных алгоритмов комплексной обработки сигналов и информации.

#### **Аннотация дисциплины**

##### ***Лазерные и телевизионные системы - Б1.В.ДВ.4.1***

**Цель дисциплины:** обеспечение базовой подготовки студентов в области траекторных измерений лазерными и телевизионными системами.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Лазерные и телевизионные системы траекторных измерений. Обобщенная схема лазерно-телевизионной системы ТИ. Особенности лазерных и телевизионных локаторов. Порядок и стадии выполнения НИР и ОКР. Прохождении лазерного излучения через атмосферу. Статистические свойства сигналов и шумов в видимом и инфракрасном диапазонах, влияние турбулентности атмосферы. Классификация лазерных систем по дальности действия. Приемные и передающие оптические подсистемы. Лазерные передатчики. Фотоприемные устройства. Принципы измерения дальности в лазерных системах ТИ. Принципы измерения угловых координат в системах ТИ. Алгоритмы и методы автосопровождения в лазерных и телевизионных системах. Системы видения и измерения координат в мутных средах: в тумане, под водой и запыленной среде. Современные ИК (тепловизионные) системы траекторных измерений. Основные отличия от телевизионных систем видимого диапазона. Лидарные системы дистанционного мониторинга загрязнений атмосферы, поиск наркотиков и взрывчатых веществ и их компонентов. Современные отечественные и зарубежные лазерные, телевизионные и ИК системы ТИ.

#### **Аннотация дисциплины**

##### ***Защита информации в радиоэлектронных системах – Б1.В.ДВ.4.3***

**Цель дисциплины:** изучение методов и способов защиты информационного содержания передаваемых сообщений для последующего использования при создании радиоэлектронной аппаратуры разного уровня (систем, комплексов, устройств).

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина по выбору блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** *Криптографическая защита информации.* Общая характеристика проблемы защиты информации при её хранении, передаче и извлечении и обработке электронными средствами. Основные понятия и определения информационной безопасности. Угрозы и обеспечение безопасности АСОИ. Общая характеристика принципов криптологии и аппаратно-программные средства защиты информации. Принципы криптографической защиты информации. Принципы криптоанализа. *Элементы дискретной математики.* Алгебраические операции по mod  $n$ . Наибольший общий делитель и алгоритмы его отыскания. Вычисление обратных величин по mod  $n$ . Функция Эйлера для числа элементов приведённого набора вычетов по mod  $n$ . Группоиды, группы, кольца, поля. Конечные поля. Поля Галуа  $GF(q)$  и  $GF(q^n)$ . Линейные пространства над конечным кольцом. Функции со специальными свойствами (однонаправленные функции, однонаправленные функции "с лазейкой", и хэш-функции). *Симметричные системы шифрования информации.* Шифрование методом перестановок, с использованием размеров таблицы в качестве ключа, с дополнительной перестановкой столбцов или (и) строк. Шифрование методом подстановок. Система шифрования Цезаря и система аффинных подстановок Цезаря. Криптографическая система Хилла. Шифрование методом многоалфавитных подстановок. Метод одноконтурной и многоконтурной многоалфавитной подстановки. Система шиф-

рования Вермена. Метод гаммирования. Стандарт шифрования DES. Алгоритмы шифрования и расшифрования. Режимы и области применения. Комбинирование блочных алгоритмов. Российский стандарт шифрования: Алгоритмы шифрования и расшифрования в режиме простой замены. Гаммирование. Использование обратной связи. Формирование имитовставки. Стандарт шифрования AES. История создания. Алгоритм шифрования и расшифрования. Процедура расширения ключа. *Асимметричные системы шифрования*. Шифрование с открытым ключом. Система RSA. Протоколы и алгоритмы шифрования и расшифрования в системе RSA. Использование дискретного логарифмирования при шифровании. Протоколы и алгоритмы в системе Эль-Гамала. Использование группы точек эллиптической кривой. Криптографические протоколы при шифровании и расшифровании в системе ECIES. *Защита данных в информационных сетях*. Слабая и сильная идентификация. Электронная цифровая подпись. Определение, методы реализации и возможные алгоритмы электронной цифровой подписи. Удалённые атаки в сети Internet: виды и классификация. Основные методы и средства сетевой защиты.

#### **Аннотация дисциплины**

#### ***Особенности СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo. Перспективные применения СРНС – Б1.В.ДВ.4.4***

**Цель дисциплины:** изучение индивидуальных особенностей построения и функционирования 3-х наиболее развитых спутниковых радионавигационных систем (СРНС): ГЛОНАСС, GPS, Galileo для последующего использования этой информации при проектировании многосистемной навигационной аппаратуры потребителей.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина по выбору блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** Общие сведения о сетевых спутниковых радионавигационных системах (СРНС). Назначение и история создания СРНС. Обзор действующих и разворачиваемых в настоящее время СРНС. Обзор литературы по курсу. Орбитальное движение спутников: общие сведения, классические элементы орбиты спутника, движение спутника по невозмущенной орбите. Понятие орбитальной плоскости и рабочих точек. Критерии размещения спутников и выбора рабочих точек в группировке. Основные параметры орбитальных группировок СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo. Понятие частотного плана. Диапазоны частот, отведенные под СРНС. Частотное и кодовое разделение сигналов. Главные несущие частоты СРНС ГЛОНАСС, GPS, Galileo. Двухчастотные сигналы. Понятие семейства сигналов, необходимости разделения сигналов. Определения частотного и кодового разделения сигналов. Сравнение частотного и кодового разделения сигналов по достоинствам и недостаткам. Исторические предпосылки применения частотного разделения сигналов в системе ГЛОНАСС. Преимущества применения кодового разделения сигналов в будущем. Типы и назначение сигналов ГЛОНАСС. Существующие и перспективные сигналы. Несущие частоты и полосы сигналов L1OF, L1SF, L2OF, L2SF, L3OC. Спектры сигналов L1OF, L1SF, L2OF, L2SF, L3OC. Типы и назначение сигналов GPS. Существующие и перспективные сигналы. Несущие частоты и полосы сигналов L1 C/A, L1 P(Y), L2 P(Y), L2C, L5, L1 M. Спектры сигналов L1 C/A, L1 P(Y), L2 P(Y), L2C, L5, L1 M. Типы и назначение сигналов Galileo. Несущие частоты и полосы сигналов E1-B/C, E6-B/C, E5a, E5b. Спектры сигналов E1-B/C, E6-B/C, E5a, E5b. Понятие дальномерного кода. Автокорреляционная (АКФ) и взаимнокорреляционная (ВКФ) функции дальномерных кодов. Принципиальная разница между автокорреляционной функцией дальномерного кода и автокорреляционной функцией всего сигнала. Уровень боковых лепестков АКФ и уровень ВКФ как показатели качества дальномерных кодов. Понятие внутрисистемных и межсистемных помех. Определение и методы расчета уровня внутрисистемных помех. Дальномерные коды сигналов LxOF, L3OC (параметры и алгоритм формирования) и LxSF (только параметры). Понятие оверлейных кодов. Структуры сигналов ГЛОНАСС с

модуляцией нав. сообщением. Понятие Data- и Pilot- компонент. Вид и уровень боковых лепестков АКФ, уровень ВКФ дальномерных кодов сигналов LxOF, L3OC. Уровень внутрисистемных помех для сигналов LxOF, L3OC. Дальномерные коды L1 C/A, L1P, L2C, L5 – параметры, структура и алгоритм формирования. Оверлейные коды. Вид и уровень боковых лепестков АКФ, уровень ВКФ дальномерных кодов сигналов C/A, L2C, L5, P(Y). Уровень внутрисистемных помех для сигналов L1 C/A, L2C, L5, P(Y). Дальномерные коды сигналов E1-B/C, E5a, E5b – параметры, структура и алгоритмы формирования. Табличные принципы формирования дальномерных кодов. Наложение оверлейных кодов и навигационных сообщений. Вид и уровень боковых лепестков АКФ, уровень ВКФ дальномерных кодов сигналов E1-B/C, E5a, E5b. Уровень внутрисистемных помех для сигналов E1-B/C, E5a, E5b.

## **фАннотация дисциплины**

### ***Проектирование цифровых телевизионных систем - Б1.В.ДВ.5.1***

**Цель дисциплины:** ознакомление студентов с новейшими методами проектирования радиотехнических приборов, получение практических навыков взаимодействия аппаратурой, имеющейся и разрабатываемой на кафедре РТП, получения навыков проектирования, конструирования, тестирования и наладки специализированного телевизионного оборудования.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Знакомство с методами и средствами проектирования радиотехнических устройств на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Примеры применения ПЛИС в составе узлов телевизионных систем. ПЛИС фирмы Altera. Система автоматизированного проектирования (САПР) ПЛИС Quartus Структура проекта в САПР Quartus , этапы разработки устройства. Основные принципы проектирования в графической среде программирования Quartus . Компиляция проекта, анализ быстродействия и ресурса ПЛИС. Примеры проектов узлов и устройств, применяемых в телевизионных системах. Основы синтаксиса языка описания аппаратуры Verilog. Проектирование устройств с использованием языка Verilog. Создание блоков, описанных языком Verilog, в САПР Quartus II. Семейство макетирующих устройств фирмы Altera. Отладочные платы Cyclone II FPGA EP2C20F484C7N и Cyclone III LDM-EP3C25-E144. Макетирующая платформа семейства DE2 Altera. Задачи, реализуемые на макетирующих платах. Обработка изображений. Идентификация и распознавание. Позиционирование. Транспонирование. Квантование. Цифровая фильтрация. Примеры узлов и устройств телевизионных систем специального назначения. ПЛИС фирмы Xilinx. Основы САПР ISE. Структура проекта, этапы разработки устройства. Графическая среда программирования. Применение языка описания аппаратуры Verilog в САПР ISE. Макетирующая платформа Elvis II. Возможности платформы, описание программных измерительных средств. Модуль LabVIEW FPGA. Программирование модуля с использованием САПР Xilinx ISE и программного пакета NI LabVIEW. Реализация алгоритмов обработки изображений на базе платформы Elvis II. Изучение блочной архитектуры построения измерительной аппаратуры стандарта PXI и среды графического программирования NI LabVIEW. Проектирование узлов и устройств телевизионных систем в среде LabVIEW. Измерительные средства телевизионных систем. Комплекс на платформе PXI. Параметры сигналов телевизионных систем. Измерительные средства National Instruments.

## **Аннотация дисциплины**

### ***Проектирование радиолокационных систем - Б1.В.ДВ.5.2***

**Цель дисциплины:** углубленное теоретическое и практическое освоение методологии и средств радиолокации, применяемых при разработке радиолокационных систем. Освоение материала дисциплины

позволит студентам научиться устанавливать взаимосвязи тактических и технических параметров и характеристик в радиолокационных системах с учетом реальных условий проектирования аппаратуры.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:** Состав РЛС, требуемые в соответствии с международными нормами тактико-технические и эксплуатационные характеристики. Основные типы и особенности современных РЛС, входящих в комплекс управления воздушным движением: трассовые обзорные РЛС, метеорологические, РЛС обзора летного поля, обзорно-посадочные и вторичные РЛС. Основные проблемы анализа и синтеза РЛС.. Требования, предъявляемые к бортовым и наземным РЛК. Влияние условий распространения радиоволн на работу РЛС. Выбор диапазонов излучения и приема сигналов различного назначения. Особенности применения излучений миллиметрового диапазона. Энергетический расчет радиолинии при воздействии пассивных и активных помех. Проектирование устройств первичной обработки радиолокационных сигналов. Выбор вариантов технической реализации устройств первичной обработки. Проектирование систем вторичной обработки. Селекция объектов на основе вторичных признаков. Проектирование систем обнаружения малозаметных летательных аппаратов. Методы уменьшения ЭПР целей. Пути повышения дальности и эффективности радиолокационного обнаружения малозаметных целей, повышение энергетического потенциала, улучшение качества обработки сигналов, оптимальный выбор диапазона рабочих частот, оптимальный выбор формы зондирующего сигнала, применение многопозиционных РЛС. Дальность действия системы обнаружения баллистических ракет и космических аппаратов. Методы обеспечения повышенной пропускной способности РЛС. Особенности проектирования антенных систем, систем обзора пространства. Применение фазированных и адаптивных антенных решеток. Сочетание алгоритмов пространственной и частотно-временной обработки сигналов на фоне помех с произвольной пространственно-временной корреляционной функцией. Применение сложных вычислительных комплексов при вычислении траектории движения и распознавания объектов. Обеспечение электромагнитной совместимости всех систем в составе РЛК. Основные принципы и особенности условий работ. Использование в загоризонтных РЛС поверхностных и пространственных волн. Биостатистические ЗГ РЛС. Требования, предъявляемые к антенным системам. Применение фазированных решеток. Выбор формы и параметров зондирующего сигнала, требования к устройствам формирования и обработки сигналов. Адаптивные к условиям распространения и характеристикам помех алгоритмы и устройства обработки сигналов. Построение карт помех. Требования к стабильности опорных генераторов. Применение алгоритмов БПФ для сжатия сложных сигналов, режекции помех и доплеровской фильтрации. Примеры реализации ЗГ РЛС. Применение ЗГ РЛС для обнаружения подводных и воздушных целей, для дистанционного наблюдения за состоянием поверхности океана, для метеорологии и геофизики. Радиоастрономические системы. Средства пассивной и активной локации: радиометры, скаттерометры, прецизионные радиовысотометры. Оценка параметров поверхности на основе радиолокационных измерений. Радиолокационные системы картографирования. Выбор параметров РЛС с синтезированной апертурой (РСА), выбор структурной схемы, проектирование и расчет характеристик устройств. Интерферометрические РСА. Пути повышения качества функционирования РЛС и расширение областей их применения: повышение информативности, расширение возможностей адаптации к изменяющимся внешним условиям, повышение уровня автоматизации и завершенности обработки выходной информации. Многопозиционные РЛС.

#### **Аннотация дисциплины**

##### ***Иностранный язык - Б1.В.ОД.1***

**Цель дисциплины:** приобретение коммуникативных навыков, необходимых для иноязычной деятельности по изучению и творческому осмыслению зарубежного опыта в профилирующей и смежных областях науки и техники, а также для делового профессионального общения.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная обязательная дисциплина блока 1 по направлению 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 6.

#### **Содержание разделов:**

##### **Английский**

Времена глагола в английском языке: группы Indefinite, Continuous, Perfect. Согласование времен. Дополнительные придаточные предложения; Определения; Определительные придаточные предложения; Модальные глаголы и их эквиваленты; Сочетания по longer, because of, due to, thanks to.... Причастия, Герундий. Значение слова since. Условные предложения; значение provide; Инфинитив: формы и функции; конструкция there + сказуемое. Сложное подлежащее и сложное дополнение; значение слов either, neither. Союзительное наклонение; значение should, would; Особенности пассива. Устная тема: My speciality (моя специальность).

##### **Немецкий**

Сложное глагольное сказуемое (употребление модальных глаголов). Употребление глаголов *haben* и *sein* в модальном значении. Пассивный залог. Синонимы и антонимы. Правила перевода устойчивых словосочетаний. Типы придаточных предложений. Безличные и неопределенные личные предложения. Многозначность предлогов. Прилагательные с суффиксом *-los* префиксом *un-*. Устная тема: *Meine Fachrichtung* (моя специальность). Многофункциональные слова *da*; *seit*; *während*. «Ложные друзья» переводчика. Образование *Konjunktiv* и *Konditionalis I*. Употребление и перевод в нереальном значении. Употребление и перевод в косвенной речи. Особые случаи употребления и перевода на русский *Präsens Konjunktiv*. Устная тема *Meine Fachrichtung*.

#### Французский

Глагол. Типы спряжения. Изъявительное наклонение. Положительная и отрицательная форма глагола. Повелительное наклонение. Образование и употребление времен *Présent de l'indicatif*, *Futur Simple*, *Futur immédiat*, *Future dans le passé*, *Passé composé*, *Passé simple*, *Imparfait*, *Plus-que-Parfait*, *Passé immédiat*. Употребление глаголов, спрягающихся с глаголом *être* в сложных временах. Согласование времен изъявительного наклонения. Активная и пассивная форма глагола. Употребление предлогов «*par*», «*de*». Спряжение глаголов в пассивной форме. Устная тема: *Ma spécialité*. Условное наклонение. Образование и употребление *Conditionnel Présent*. Образование и употребление *Conditionnel Passé*. Употребление времен *Conditionnel* после союза «*si*». Устная тема: *Ma spécialité*. Образование и употребление *Subjonctif présent*, *Subjonctif passé*. *Pronom relatif simple* *Pronoms relatifs-objets*. *Pronoms relatifs composés* «*lequel*», «*duquel*», «*auquel*». «*Y*» – *pronom et adverbe*. «*En*» – *pronom et adverbe*. *Participe passé*, *participe présent*, *participe passé composé*, *gérondif*, *Adjectif verbal*. Устная тема: *Ma spécialité*. *Proposition participe absolue*. *Proposition infinitive*. *Infinitif passé*. *Pronoms indefinis et demonstratifs*. Ограничительные обороты «*ne...que*». Усилительные обороты «*c'est...qui*; *c'est...que*, *ce sont...qui*, *ce sont ...que*». Устная тема: *Ma spécialité*.

## Аннотация дисциплины

### *Вычислительные устройства и системы - Б1.В.ОД.2*

**Цель дисциплины:** изучение способов построения вычислительных устройств и систем.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативная дисциплина блока I по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 2.

**Содержание разделов:** Оценка влияния совершенства радиоэлектронных компонентов на надежность, точность вычислительных процедур и возможности достижения результатов вычислений в реальном масштабе времени. Пути достижения указанных результатов. В чем основные преимущества цифровой техники перед аналоговой. Роль технологии. Примеры, демонстрация. Оценка реальной производительности вычислительного устройства или системы. Оптимальная организация вычислительного процесса, высокоэффективные алгоритмы, поддающиеся компактному программированию и их реальная оценка. Примеры, иллюстрирующие эти процессы на конкретных вычислительных структурах. Оптимизация алгоритма и приведение его к каноническому виду. Организация к квазиконверсному виду, снижение непродуктивных затрат при адресации операндов и поворачивающих множителей. Демонстрация эффективных вычислительных структур, переход на более высокое основание (4), оптимизация алгоритма определения значений поворачивающих множителей ( $W^{nk}$ ). Демонстрация различных модификаций и их анализ. Пример алгоритма вычисления “быстрой” свертки на одной вычислительной структуре, на двух последовательно включенных одинаковых структурах. Расчет временных затрат, использование двухпортовой памяти, предотвращение переполнений разрядной сетки. Вычисления с фиксированной и плавающей запятой, сравнительные характеристики. Оценка аппаратных затрат. Переход к шинам с параллельной передачей более одного оператора. Оценка быстродействия и технологических сложностей. Демонстрация заводских образцов. Демонстрация образца процессора сжатия сложного сигнала на основе алгоритма “быстрой” свертки в частотной области на основе БПФ. Объясняются все основные преимущества по сравнению с согласованным фильтром на ПАВ (поверхностных акустических волнах): адаптивность, температурная независимость, динамический диапазон и стоимость. Основные тактические требования к радиолокаторам. Технологическая простота. Устройство сжатия сложных сигналов в сравнении с другими методами и устройствами. Процессоры обра-

ботки сигналов для самолетных и космических радиолокационных систем с синтезированным раскрытием антенны строятся в последнее время с использованием БПФ в требуемой модификации, в зависимости от задачи, решаемой системой. Демонстрируется образец одного из видов таких процессоров с использованием ПАВ, разработанный на кафедре радиоприборов. Изучаются его характеристики и технология изготовления. Оценка характеристик различных семейств ПЛИС (Xilinx, Altera и др.), их структуры и особенностей применения, технологических характеристик, программирования, ознакомления с мат. обеспечением программирования, радиационной и температурной устойчивостью. Ознакомление с технологией монтажа на платах. Демонстрация готовых изделий и техники их испытаний. Анализ стоимостных характеристик, приборов контроля, отбраковки и прочее. Перспективы развития систем на кристалле.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***Конструирование и технология радиоэлектронных средств - Б1.В.ОД.3***

**Цель освоения дисциплины** состоит в изучении методов конструирования, расчета, анализа, выбора оптимальных компонентов, способов защиты от возмущающих воздействий, элементов технологий производства радиоэлектронных средств.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов.** Введение. Системный подход при проектировании конструкций РЭС. Базовые процессы и концепции проектирования конструкций РЭС. Особенности проектирования РЭС различного назначения. Эксплуатационные, конструктивно-технологические и эргономические требования к конструкции РЭС. Принципы формирования конструкций и классификация РЭС по условиям эксплуатации. Функционально-узловой, функционально-модульный принципы деления РЭС. Особенности формообразования, и компоновки РЭС. Классификация РЭС по климатическим и механическим воздействиям. Процедуры выбора вариантов компонентной базы при конструировании РЭС. Формализованная постановка задачи выбора и принятия решений. Модели описания данных для автоматизированного выбора. Иерархическая, сетевая, реляционная и ассоциативная модели данных в системах автоматизированного выбора. Переход от реляционной к ассоциативной модели данных. Формирование поискового образа запроса. Выбор допустимых и оптимальных вариантов в ассоциативной модели данных. Алгоритмы, примеры автоматизированного выбора электронных компонентов. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Защита РЭА от тепловых воздействий. Основные виды теплообмена в конструкциях РЭС: теплопроводность, конвекция, излучение. Законы Фурье, Ньютона и Стефана Больцмана. Моделирование тепловых процессов с помощью электрических цепей. Естественное и принудительное охлаждение. Методы расчета тепловых режимов РЭС. Динамические тепловые режимы РЭС. Примеры теплозащиты конструкций. Защита РЭА от механических воздействий. Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Амортизаторы как средство защиты РЭА от механических воздействий. Защита РЭА от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Защитные покрытия деталей конструкций РЭС. Металлические, оксидные и лакокрасочные покрытия. Технология тонкопленочных и толстопленочных микросборок. Физика и технология тонких пленок. Резистивные, диэлектрические и проводниковые пленки. Толстопленочные микросборки и технология их производства. Пасты, их состав и способы вжигания. Подгонка толстопленочных элементов.

### **Аннотация дисциплины**

#### ***Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств - Б1.В.ОД.4***

**Цель дисциплины:** изучить требования и способы обеспечения внутренней и внешней электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения для последующего использования при создании и применении радиоэлектронной аппаратуры.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** обязательная вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов:** Обеспечение ЭМС в конструкциях. Проблема обеспечения совместной работы РЭС. Виды паразитных связей в конструкциях РЭС (емкостная, индуктивная, через электромагнитное излучение, через общее сопротивление). Экранирование в конструкциях РЭС (экранирование компонентов и узлов РЭС, экранирование проводов и кабелей). Фильтрация внутрисистемных помех. Фильтрация внутрисистемных помех (принципы фильтрации помех, проникающих по проводам, необходимый уровень фильтрации внутрисистемных помех, расчет фильтров простейших типов, конструкция фильтров внутрисистемных помех). Особенности конструирования узлов РЭС с учетом обеспечения ЭМС. Методика выявления и устранения внутрисистемных помех. Виды и

допустимые уровни мешающих излучений в радиопередающих устройствах. Классификация мешающих излучений радиопередающего устройства. Минимизация излучений на гармониках, применение двухтактных схем. Снижение уровня модуляционных излучений в полосах частот, примыкающих к выделенной. Применение видов модуляции с компактным спектром: сглаживание фронтов манипуляции, применение сигналов с модуляцией частоты и непрерывной фазой. Снижение уровня излучений на субгармониках и на комбинационных частотах. Станционные, промышленные и шумовые составляющие мешающих излучений. Частотные маски при выполнении нормативов электромагнитной совместимости. Нормирование сверхширокополосных сигналов. Перекрестные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе. Интермодуляционные и перекрестные искажения при усилении мощности радиочастотных сигналов с частотным разделением каналов. Разрешение противоречия между энергетической эффективностью и уровнем интермодуляционных искажений при совместном усилении мощности нескольких полосовых сигналов. Явления АМ/АМ и АМ/ФМ преобразования в усилителях мощности СВЧ. Способы линеаризации амплитудных характеристик усилителей мощности СВЧ диапазона. Обеспечение требований ЭМС в усилителях мощности с линеаризацией. 5. Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема и роль антенных устройств в обеспечении ЭМС. Радиочастотный спектр как природный ресурс. Помехи. Источники помех естественного и искусственного происхождения. Линейные и нелинейные каналы распространения помех. Влияние условий распространения радиоволн на параметры сигналов и помех, формирование электромагнитной обстановки в точке приема. Расчет мощности помех и шумов на входе приемника. Технические параметры антенн, влияющие на ЭМС. Расчет ЭМС с учетом взаимной связи антенн. Примеры антенн, обеспечивающих высокий уровень ЭМС. Адаптивные антенны, как средства борьбы с помехами. Организационные меры обеспечения ЭМС. Регламент радиосвязи. Рекомендации МСЭ. Распределение спектра как организационная мера обеспечения ЭМС в основной полосе частот. Рекомендации по распределению спектра и выбор рабочих частот. Решение вопросов распределения спектра частот на международном и государственном уровнях. Регламент радиосвязи. Стандарты в области ЭМС. Рекомендации МСЭ по обеспечению ЭМС.

## **Аннотация дисциплины**

### ***Системы цифровой обработки сигналов - Б1.В.ОД.5***

**Цель дисциплины:** изучение способов построения цифровых устройств и систем радиотехнического применения.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативная дисциплина блока 1 по направлению подготовки магистратуры 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц - 4.

**Содержание разделов:** Введение. Примеры построения радиотехнических систем различного назначения, использующих цифровую обработку сигналов: радиолокационных станций обнаружения и оценки координат и параметров движения объектов, радионавигационных систем, систем контроля траектории движения космических аппаратов, систем передачи информации и др. Функциональные схемы и место ЦОС в радиосистемах различного назначения. Формирование и управление лучом диаграммы направленности антенны. Цифровое формирование сигналов, цифровые согласованные фильтры, цифровая межпериодная когерентная и некогерентная обработка. Цифровые синтезаторы частот и сигналов, цифровые корреляторы и конвольверы, цифровые системы поиска и обнаружения, цифровые замкнутые системы синхронизации, цифровые устройства оценки параметров сигналов, системы вторичной обработки информации. Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) - современная элементная база для построения цифровых устройств и систем. Архитектура и основные блоки ПЛИС: устройства ввода-вывода, конфигурируемые логические блоки, программируемые матрицы межблочных соединений, конфигурируемые блоки памяти. Классификация, краткий обзор и основные параметры производимых ПЛИС. Методы реализации цифровых устройств на ПЛИС. Особенности проектирования комбинационных и последовательностных цифровых устройств обработки сигналов, примеры конкретного построения. Системы автоматизированного проектирования цифровых систем на ПЛИС (обзор и примеры использования). Преимущества и недостатки

ЦОС, требования к ним. Аналого-цифровое преобразование (АЦП), основные его особенности. Методы повышения эффективности ЦОС. Эффективные алгоритмы и специализированные процессоры как путь достижения наивысшей производительности. Быстрое преобразование Фурье (БПФ) и его модификации. Спектральный анализ и быстрые свертки на основе БПФ. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) анализаторов спектра и ее коррекция, разрешающая способность, точность, динамический диапазон. Функциональные схемы специальных вычислительных структур. Конвейерные схемы и схемы с замещением, согласование информационных потоков в процессе вычисления. Применение спецвычислителей при сжатии сложных сигналов в радиолокационных системах с синтезированным раскрытием антенны, в цифровых антенных решетках. Выбор и оптимизация алгоритмов для указанных систем, расчет основных параметров по производительности, точности вычислений, объему оперативных запоминающих устройств (ОЗУ) и т.д. Применение методов интерполяции для снижения требований к АЦП. Заключение. Перспективы развития цифровых систем обработки сигналов и информации в системах различного назначения.

#### **Аннотация дисциплины**

#### ***Междисциплинарный курсовой проект – Б1.В.ОД.6***

**Цель дисциплины:** познакомить студентов с современным развитием элементной базы ПЛИС и микропроцессоров, дать представление об их использовании в специализированных радиолокационных и телевизионных системах, с основными принципам автоматизированного проектирования радиолокационных и телевизионных систем.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** вариативная часть блока дисциплин подготовки магистратуры направления 11.04.01 Радиотехника (магистерская программа: Радиотехнические системы). Количество зачетных единиц – 3.

**Содержание разделов:** Проектирование системы цифровой обработки сигналов в РСДБ с измерением скорости движения орбитальных объектов. Проектирование системы цифровой обработки изображений с целью повышения контрастности. Проектирование системы цифровой обработки сигналов в системе РСДБ для исследования космического пространства. Проектирование системы пространственно-временной обработки сигналов с целью защиты от активных помех. Проектирование системы помехозащиты от активных модулирующих помех. Проектирование системы обработки на фоне помех с временной и пространственной корреляции. Проектирование системы обработки сигналов на фоне пассивных помех в РЛС и СА. Разработка методик и синтез программы для проведения лабораторной работы по изучению транспортного потока в ЦТВ. Исследование методик соосного выставления облучателя и параболических антенн в радиолокационных системах.