

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(национальный исследовательский университет)» (МАИ)**

---

факультет «Радиоэлектроника летательных аппаратов»  
кафедра «Радиолокация и радионавигация»

«Утверждаю»

Председатель Учёного Совета  
факультета №4

  
В. В. Кирдяшкин

Протокол № 11 «06» 03 2017 г.

## ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих в аспирантуру  
по направлению подготовки **11.06.01** Электроника, радиотехника  
и системы связи  
по специальности **05.12.14** «Радиолокация и радионавигация»

# 1. Теоретические основы радиолокации и радионавигации

Предмет и задачи дисциплины. Краткая характеристика основных проблем, изучаемых в рамках дисциплины. Обоснование используемого математического аппарата. Краткий исторический очерк становления дисциплины.

## 1.1. *Сигналы и помехи в радиолокационных системах*

Назначение и классификация радиолокационных систем. Основные задачи, решаемые в радиолокационных системах. Классификация сигналов и помех в радиолокационных системах. Применение детерминированных, квазидетерминированных и случайных функций и процессов для построения моделей сигналов и помех. Простые, сложные, узкополосные, широкополосные и сверхширокополосные сигналы.

## 1.2. *Основные понятия теории статистических решений*

Статистическое описание сигналов, помех информационных и неинформационных параметров и процессов в радиотехнических системах. Подходы к решению задачи проверки статистических гипотез. Простые гипотезы. Подход на основе критерия Байеса. Подход на основе критерия Неймана-Пирсона. Отношение правдоподобия. Сложные гипотезы. Априорная неопределенность. Способы преодоления априорной неопределенности.

## 1.3. *Обнаружение сигналов*

Обнаружение сигналов как двух альтернативная проверка гипотез. Решающие правила оптимального обнаружения; критерий Байеса, критерий Неймана-Пирсона. Последовательное обнаружение, критерий Вальда. Показатели качества обнаружения. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов на фоне белого шума. Корреляционная, фильтровая и корреляционно-фильтровая обработка сигналов. Обнаружение радиосигналов со случайной начальной фазой и амплитудой. Обнаружение пачки когерентных радиоимпульсов на фоне белого шума. Обнаружение нефлуктуирующих и флуктуирующих пачек некогерентных радиоимпульсов на фоне белого шума. Методика расчета пороговой мощности сигналов. Обнаружение сигналов на фоне коррелированных помех; обесцарапывающие фильтры. Обнаружение пространственно-временных сигналов. Цифровое обнаружение сигналов; некогерентная и когерентная цифровая обработка.

## 1.4. *Оценивание параметров сигналов*

Информативные и неинформативные параметры сигналов. Байесовские оценки и их свойства. Небайесовские оценки. Оценка максимального правдоподобия параметра сигнала и ее свойства. Неравенство Крамера-Рао. Потенциальная точность измерения параметра сигнала. Многоканальные и следящие измерители. Оценивание энергетических и неэнергетических

параметров сигнала при наличии белого шума. Оценивание времени запаздывания и смещения частоты сигнала со случайной начальной фазой и амплитудой. Функция рассогласования узкополосного радиосигнала и ее свойства. Связь функции рассогласования с потенциальной точностью измерения параметров сигнала. Оценивание стохастических сигналов и их параметров. Три вида задачи оценивания: фильтрация, интерполяция, экстраполяция. Дискретные марковские случайные процессы. Оптимальная линейная фильтрация. Фильтр Калмана. Нелинейная фильтрация. Синтез алгоритмов методом гауссовского приближения.

### *1.5. Методы обработки сигналов при априорной неопределенности*

Параметрическая и непараметрическая модели априорной неопределенности. Параметрические методы синтеза алгоритмов. Адаптивный Байесовский подход. Методы синтеза адаптивных алгоритмов. Стабилизация уровня ложных тревог. Адаптивные компенсаторы помех с корреляционной обратной связью. Обработка сигналов в адаптивной антенной решетке. Алгоритм Уйдрои. Непараметрические методы синтеза алгоритмов. Знаковые и ранговые статистики. Знаковые и ранговые обнаружители и измерители. Методы синтеза робастных алгоритмов.

### *1.6. Разрешение, различение и распознавание сигналов*

Общие сведения о разрешении, различении и распознавании объектов и сигналов. Признаки объектов и сигналов, используемые при радиолокационном распознавании. Взаимосвязь задач разрешения и распознавания. Статистическая оптимизация разрешения, различения и распознавания сигналов; решающие правила и показатели качества. Алгоритмы разрешения, различения и распознавания детерминированных и квазидетерминированных сигналов на фоне белого шума. Простые правила распознавания: «голосования», «ближайшего соседа». Связь разрешающей способности с функцией рассогласования. Меры разрешающей способности. Критерий Релея. Обработка сложных (частотно-модулированных и фазоманипулированных) сигналов; снижение уровня боковых лепестков. Меры разрешающей способности по времени запаздывания и по частоте.

## **2. Радиолокационные и радионавигационные системы**

### *2.1. Общие сведения о радиолокационных системах.*

Классификация радиолокационных систем. Основные определения. Задачи, решаемые с помощью радиолокационных систем (РЛС). Краткая история развития радиолокации. Физические основы активного и пассивного обнаружения РЛ целей. Однопозиционные, бистатические (разнесенные) и многопозиционные радиолокационные системы. Физические основы определения координат и параметров движения целей. Диапазоны радиоволн, используемые в радиолокации.

### *2.2. Методы определения координат и параметров движения объектов*

Обзор пространства и поиск РЛ целей. Методы определения координат объектов. Позиционные методы. Метод счисления пути. Обзорно-сравнительный метод. Основные тактические характеристики РЛС и РНС. Основные технические характеристики РЛС и РНС.

### *2.3. Рассеивающие свойства объектов.*

Виды вторичного излучения электромагнитных волн. Эффективная площадь рассеяния объектов (ЭПР). Поляризационная матрица рассеяния и матрица ЭПР. Классификация радиолокационных объектов. ЭПР элементарных объектов. ЭПР сложных объектов. ЭПР поверхностно-распределенных объектов. ЭПР объемно-распределенных объектов. Экспериментальное определение ЭПР. Способы изменения радиолокационной заметности объектов. Малоаметные РЛ цели.

### *2.4. Дальность действия радиолокационных и радионавигационных систем.*

Дальность действия РЛС и РНС. Дальность действия в свободном пространстве; дальность действия радиолинии, пассивной системы, активной системы, бистатической системы, активной системы с активным ответом. Влияние атмосферы и земной поверхности на дальность действия. Дальность прямой видимости.

### *2.5. Борьба с помехами в радиолокационных и радионавигационных системах.*

Классификация помех. Пассивные помехи. Пассивные помехи от подстилающей поверхности. Пассивные помехи от метеообразований. Пассивные помехи искусственного происхождения. Активные помехи, преднамеренные и непреднамеренные. Многолучевое распространение радиоволн. Комбинированные помехи. Обнаружение РЛ целей на фоне пассивных помех, селекция движущихся целей (СДЦ). Особенности борьбы с пассивными помехами в наземных РЛС. Фильтры череспериодной компенсации (ЧПК). ЧПК-1, ЧПК-2. Особенности борьбы с пассивными помехами в бортовых РЛС. Фильтровая СДЦ. Режимы работы РЛС: низкая частота повторения (НЧП), высокая частота повторения (ВЧП), средняя частота повторения (СЧП). Их преимущества и недостатки. Слепые скорости. Слепые дальности. Методы борьбы со слепыми скоростями, слепыми дальностями. Методы защиты РЛС от активных помех. Адаптивные антенные решетки. Алгоритмы управления ДН адаптивных антенных решеток.

### *2.6. Измерение дальности и радиальной скорости.*

Методы измерения дальности до РЛ цели; импульсный, фазовый и частотный методы. Основные погрешности радиодальнометрии. Импульсный радиодальномер. Особенности использования импульсного метода измерения дальности в радионавигации. Следящие импульсные радиодальномеры; режимы поиска и слежения. Фазовый радиодальномер; точность и однозначность измерения. Частотный радиодальномер; точность и разрешающая способность;

влияние движения цели. Радиодальномеры со сложными сигналами. Измерения радиальной скорости движения объекта.

### *2.7. Измерение угловых координат.*

Методы измерения угловых координат (радиопеленгации); пеленгационная характеристика. Амплитудные и фазовые методы измерения угловых координат. Следящие измерители угловых координат. Моноимпульсные измерители угловых координат.

### *2.8. РЛС обзора земной поверхности.*

Методы радиолокационного обзора местности (земной и водной поверхности); линейная разрешающая способность. РЛС бокового обзора с вдольфюзеляжной антенной (с некогерентной обработкой сигналов). Метод синтезирования апертуры. РЛС с синтезированной апертурой (РСА). Первичная обработка сигналов в РСА. Фокусированная и нефокусированная РСА, режим доплеровского обужения луча (ДОЛ); разрешающая способность. Структурные схемы и техническая реализация РСА. Радиовидение.

### *2.9. Траекторная обработка радиолокационной и радионавигационной информации.*

Траекторная обработка радиолокационной информации. Этапы траекторной обработки. Основные фильтры сглаживания координат и параметров движения объектов. Фильтр Калмана,  $\alpha$ - $\beta$  – фильтр,  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  – фильтр.

### *2.10. Радионавигационные системы.*

Классификация радионавигационных систем. РНС глобальной, дальней и ближней навигации, посадки, сближения и стыковки летательных аппаратов и предупреждения столкновений движущихся объектов. Спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Обобщенная структурная схема СРНС. Назначение и состав орбитальной группировки навигационных космических аппаратов (НКА) и контрольно-измерительного комплекса. Сигналы СРНС. Методы определения координат по сигналам НКА. Задачи и структура аппаратуры потребителей СРНС. Первичная и вторичная обработка навигационной информации. Точность СРНС. Ошибки определения линий и поверхностей положения. Точность местоопределения на плоскости. Рабочие зоны РНС. Точность местоопределения в пространстве. Повышение точности СРНС методом дифференциальной коррекции. Обзорно-сравнительные радиосистемы навигации по рельефу поверхности, по физическим полям Земли и картам местности; принципы работы, основные технические характеристики и особенности построения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. – М.: Радио и связь, 1992.
2. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. – М.: Радиотехника, 2003.
3. Казаринов Ю.М., Коломенский Ю.А., Кутузов В.М. и др. Радиотехнические системы / Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Изд. центр «Академия», 2008.
4. Сборник задач по курсу «Радиолокационные системы» / Под ред. П.А.Бакулева и А.А.Сосновского. – М.: Радиотехника, 2007.
5. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные системы: Лабораторный практикум. – М.: Радиотехника, 2007.
6. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991.
7. Информационные технологии в радиотехнических системах / Под ред. И.Б.Федорова.-М.: Изд. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.
8. Сосулин Ю.Г., Волкова Г.А., Бруханский А.В. Программированное учебное пособие к практическим занятиям по курсу «Теоретические основы радиолокации и радионавигации». – М.: МАИ, 1983.
9. Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. – М.: Радио и связь, 1986.
10. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2007.
11. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радионавигационные системы. – М.: Радиотехника, 2005.
12. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981.

Заведующий кафедрой 401

д. т. н.  М.И.Сычев