

**Акционерное общество «Северо-Западный региональный центр
Концерн ВКО «Алмаз - Антей» - Обуховский завод»**

Введено в действие приказом № 942
15.06.2021 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ
ПО РАДИОЛОКАЦИИ И РАДИОНАВИГАЦИИ**

**Санкт-Петербург
2021**

Содержание

	Стр.
1 Общие положения.....	3
2 Содержание разделов и тем.....	3
2.1 Общие сведения о радиолокационных и радионавигационных устройствах. Измерение координат. Общие сведения о радиолокационных целях. Дальность радиолокационного и радионавигационного наблюдения.....	3
2.2 Оценка наблюдаемости радиосигналов. Обнаружение радиосигналов. Измерение дальности и скорости. Измерение угловых координат.....	4
2.3 Определение места объекта на плоскости и в пространстве. Активные радиоэлектронные помехи. Пассивные радиоэлектронные помехи. Пассивная радиолокация. Многопозиционные системы наблюдения. Спутниковая радионавигация.....	5
3 Методические рекомендации по подготовке к вступительному экзамену.....	6
4 Перечень экзаменационных вопросов.....	7
5 Основная рекомендуемая литература.....	8
6 Дополнительная рекомендуемая литература.....	9
7 Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы.....	10

1 Общие положения

Программа вступительного экзамена по дисциплине «Радиолокация и радионавигация» предназначена для подготовки к вступительному испытанию в аспирантуру акционерного общества «Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО «Алмаз - Антей» - Обуховский завод» (далее АО «Обуховский завод»).

Вступительный экзамен сдается в объеме вузовской программы.

Поступающие в аспирантуру должны продемонстрировать:

- компетенции по базовым разделам научной специальности, приобретённые ранее при изучении общепрофессиональных и специальных учебных дисциплин в объеме подготовки по программам специалитета и магистратуры, таких как «Основы теории радиосигналов», «Теоретические основы электроники», «Основы радиоэлектроники», «Теоретические основы радиолокации», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Статистическая радиотехника», «Антенные системы», «Радионавигационная техника» и другие;

- качественные представления об основных положениях и теоретических основах современной радиолокации и радионавигации, а также о способах и алгоритмах формирования, излучения, приёма и обработки радиолокационных и радионавигационных сигналов с использованием методов теории статистической радиотехники, радиотехнических цепей и сигналов.

2 Содержание разделов и тем

2.1 Общие сведения о радиолокационных и радионавигационных устройствах.

Измерение координат. Общие сведения о радиолокационных целях.

Дальность радиолокационного и радионавигационного наблюдения

Общие сведения о радиолокационных и радионавигационных устройствах и методах наблюдения. Радиолокация и область применения. Радионавигация и область применения. Передача информации в радиолокационных и радионавигационных каналах. Методы определения местоположения объектов. Тактико-технические характеристики радиолокационных станций (РЛС) и радиомаячных систем (РМС).

Методы обзора пространства и измерения координат. Принципы и методы измерения дальности и радиальной скорости. Фазовый метод. Метод манипуляции. Импульсный метод. Частотный метод. Принципы и методы измерения угловых координат и угловых скоростей. Фазовый метод. Амплитудный метод. Радиолокационные системы пеленгации. Классификация методов обзора. Дальномерные РЛС. РЛС панорамного обзора. Требования к форме диаграммы направленности антенн. Временные соотношения при круговом обзоре. РЛС растрового обзора с механическим вращением. РЛС и РМС с электронным сканированием. Многолучевые системы мгновенного и смешанного обзора. Блок схемы построения типовых РЛС и радионавигационных систем (РНС). РЛС с автоматическим сопровождением цели.

Радиолокационные цели и характеристики отраженных сигналов. Общие сведения о радиолокационных целях. Эффективная площадь рассеяния целей. Линейный вибратор. Металлическая пластина. Металлический и диэлектрический шары. Искусственные отражатели. Плотность распределения амплитуд сигналов флуктуирующих целей. Распределение мощности сигнала и эффективной площади рассеяния цели. Функция автокорреляции и спектр

флуктуаций отраженных сигналов. Сложные и групповые цели. Объемно-распределенные цели. Поверхностно-распределенные цели.

Дальность радиолокационного и радионавигационного наблюдения. Дальность радионаблюдения (при помощи радиоволн) в свободном пространстве. Дальность радионаблюдения при активном ответе. Влияние отражения электромагнитных волн (ЭМВ) от поверхности земли на дальность радионаблюдения. Особенности отражения ЭМВ волн от поверхности земли. Уточнение уравнения дальности радионаблюдения с учетом отражения ЭМВ от поверхности земли. Дальность обнаружения низколетящих целей. Влияние кривизны земной поверхности на дальность радиолокационного наблюдения. Влияние атмосферной рефракции на дальность радионаблюдения. Влияние затухания ЭМВ в атмосфере на дальность радионаблюдения. Затухание ЭМВ в атмосфере. Уточнение уравнения дальности радиолокационного наблюдения с учетом затухания ЭМВ. Зона действия РЛС и РНС.

2.2 Оценка наблюдаемости радиосигналов. Обнаружение радиосигналов.

Измерение дальности и скорости. Измерение угловых координат

Статистическая оценка наблюдаемости радиосигналов. Прием радиосигналов как статистическая задача. Взаимодействие высокочастотного сигнала с шумами. Вероятностная оценка результатов наблюдения и расчет коэффициента различимости. Влияние интегрирования на наблюдаемость радиосигналов. Эффективная ширина диаграммы направленности антенного луча. Скорость сканирования пространства в РЛС и РНС. Влияние скорости обзора на наблюдаемость радиосигналов. Статистическое описание сигналов, помех и процессов в радиотехнических системах. Подходы к решению задачи проверки статистических гипотез. Критерий Байеса. Критерий Неймана-Пирсона. Отношение правдоподобия. Сложные гипотезы. Априорная неопределенность. Способы преодоления априорной неопределенности.

Оптимальный прием и обнаружение радиосигналов. Энтропия и информация. Функция правдоподобия и достаточный приемник. Отношение правдоподобия и оптимальный приемник обнаружения. Синтез оптимального приемника. Корреляционный прием. Оптимальная фильтрация. Особенности приема высокочастотного сигнала. Когерентный прием. Некогерентный прием. Требования к форме сигнала при обнаружении. Интегрирующие свойства конечных устройств. Накопительные интеграторы. Интегрирующие фильтры. Интегрирование сигналов селектированной цели. Интеграторы дискретного действия. Эффективность автоматизированных устройств обнаружения. Эффективность аналоговых и дискретных интеграторов. Информативные и неинформативные параметры сигналов. 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. Задачи оценивания – фильтрация, интерполяция, экстраполяция. Дискретные марковские случайные процессы. Оптимальная линейная фильтрация. Фильтр Калмана. Нелинейная фильтрация. Синтез алгоритмов методов гауссовского приближения.

Разрешающая способность, точность и однозначность отсчетов при измерении дальности и скорости. Ошибки измерения дальности. Оптимальный приемник измерения дальности. Потенциальная точность измерения дальности. Выбор оптимальной формы сигнала для

измерения дальности. Точность измерения радиальной скорости и угловых скоростей. Измерение дальности и радиальной скорости движущихся целей. Принцип неопределенности в радиолокации. Применение сигналов сложной формы. Сжатие импульсов. Частотно-модулированные импульсы. Шумоподобные сигналы. Решающие устройства оптимального приемника измерения дальности. Автоматическое сопровождение целей по дальности в импульсных РЛС. Автоматическое сопровождение целей по дальности в РЛС с частотной модуляцией. Динамические свойства и точность импульсных систем автосопровождения по дальности (АСД). Системы АСД с одним интегратором. Системы АСД с двумя интеграторами. Точность систем АСД при воздействии случайных помех. Системы автоматического сопровождения целей по скорости. Частотно-следающий фильтр. Синхронно-фазовый следающий фильтр. Точность измерения дальности. Разрешающая способность. Ошибки измерения дальности и скорости, связанные с условиями распространения радиоволн. Неоднородности атмосферы. Искривление радиолуча. Влияние атмосферы на скорость распространения радиоволн. Искажение формы сигнала в ионосфере. Систематическая ошибка измерения дальности и скорости.

Разрешающая способность, точность и однозначность отсчетов при измерении угловых координат. Влияние условий распространения радиоволн и размеров цели на точность измерения угловых координат. Потенциальная точность измерения угловых координат. Сжатие диаграммы направленности в когерентных РЛС бокового обзора. Измерение угловых координат методом анализа огибающей. Оптимальные параметры систем пеленгации, работающих по методу сравнения. Моноимпульсные РЛС. Автоматическое сопровождение по направлению. Точность автоматического сопровождения по направлению.

2.3 Определение места объекта на плоскости и в пространстве.

Активные радиоэлектронные помехи. Пассивные радиоэлектронные помехи. Пассивная радиолокация. Многопозиционные системы наблюдения.

Спутниковая радионавигация

Определение места объекта по результатам измерений его координат. Точность определения положения объекта на плоскости и в пространстве. Линейные погрешности местопределения. Линейные погрешности. Эллипсоид ошибок. Определение траекторий объектов. Использование радиолокационных и радионавигационных измерений для построения траекторий движения объектов.

Активные помехи и методы борьбы с ними. Помехи для РЛС и РНС. Естественные активные помехи. Преднамеренные активные помехи. Основные виды и параметры активных помех. Дальность радионаблюдения при воздействии активных шумовых помех. Методы защиты от активных помех. Оптимальная фильтрация. Пространственная селекция радиосигналов. Пространственно-поляризационная компенсация активных помех. Регулировка усиления как средство борьбы с помехами.

Методы защиты РЛС от пассивных помех. Статистические свойства пассивных помех и полезных сигналов. Оптимальное обнаружение радиолокационных сигналов на фоне пассивных помех. Оптимальное обнаружение сигналов с известными параметрами, с неизвестной начальной фазой, с неизвестными начальной фазой и доплеровским сдвигом частоты. Физические основы доплеровских методов селекции движущихся целей (СДЦ) с внутренней и внешней когерентностью. СДЦ при движении РЛС. Эффективность когерентно-импульсных систем СДЦ. Оценка остатков помех при учете движения элементарных отра-

жателей и вращении антенны РЛС. Рабочие характеристики когерентно-импульсных СДЦ. Чувствительность приемников когерентно-импульсных СДЦ с внутренней когерентностью. Требования к стабильности работы элементов СДЦ. Требования к стабильности ВЧ генераторов, периода повторения, длительности импульсов и времени задержки. Поляризационная селекция радиосигналов.

Пассивная радиолокация. Основные источники теплового радиоизлучения. Оптимальная обработка сигналов теплового радиоизлучения. Приемники теплового радиоизлучения. Дальность действия и различимость объектов при пассивном обнаружении по тепловому радиоизлучению. Пассивное обнаружение сигналов источников длинноволнового радиоизлучения. Особенности построения и использования нелинейных радиолокаторов. Радиотехнические системы ближней навигации. ММО радиолокаторы. Многопозиционные системы наблюдения. Особенности построения и использования сверхширокополосных радиолокаторов. Системы спутниковой навигации. Особенности построения и использования метеорологических радиолокаторов. Автоматическое зависящее наблюдение вещательного типа (АЗН-В). Электромагнитная совместимость радиолокационных и радионавигационных систем

3 Методические рекомендации по подготовке к вступительному экзамену

Подготовка к вступительному экзамену по радиолокации и радионавигации осуществляется поступающими в аспирантуру самостоятельно в соответствии с целью и содержанием программы вступительного экзамена в аспирантуру.

Для подготовки к вступительному экзамену по радиолокации и радионавигации рекомендуется изучить материалы основной и дополнительной литературы.

Экзаменационный билет вступительного экзамена в аспирантуру содержит три вопроса.

Дополнительные вопросы, непосредственно относящиеся к теме вопросов экзаменационного билета, могут касаться всего курса «Радиолокация и радионавигация».

Ответ на каждый вопрос оценивается отдельно, а затем выставляется общая (итоговая) оценка.

Экзамен организуется и проводится экзаменационной комиссией.

Экзаменуемый прибывает на экзамен, представляется Председателю экзаменационной комиссии, получает задание (экзаменационный билет) и приступает к подготовке ответов на вопросы.

Записи ответов на вопросы при подготовке выполняются на специально подготовленных листах.

Через 30 минут экзаменуемый, с разрешения Председателя экзаменационной комиссии, должен приступить к ответу на первый и последующие вопросы.

Члены комиссии по ходу ответов на вопросы могут задавать дополнительные вопросы по тематике излагаемых ответов.

Полученные оценки не объявляются до окончания экзамена. Общая оценка за экзамен выставляется в соответствии с критериями оценивания знаний.

Критерии оценивания знаний:

«отлично» – если поступающий дал правильные полные ответы на все вопросы билета и все дополнительные вопросы;

«хорошо» – если поступающий дал неполные ответы на один или два вопроса билета или возникли затруднения при ответе на дополнительные вопросы.

«удовлетворительно» – если поступающий дал неправильные ответы на один или два вопроса билета, а также неправильные или неполные ответы на дополнительные вопросы.

«неудовлетворительно» – если поступающий дал неправильные ответы на все вопросы билета и дополнительные вопросы.

4 Перечень экзаменационных вопросов

1. Основные определения и понятия радиолокации и радионавигации.
2. Параметры и характеристики антенн, используемых в радиолокации и радионавигации.
3. Принципы измерения дальности в радиолокационных и радионавигационных системах
4. Частотно-модулированные радиосигналы.
5. Классификация радиоэлектронных систем по информационному назначению.
6. Классификация радиоэлектронных систем по виду используемых радиосигналов.
7. Простые и сложные радиосигналы.
8. Принципы измерения угловых скоростей целей в радиолокационных системах.
9. Принципы измерения радиальных скоростей в радиолокационных системах.
10. Основы синтеза оптимального приемника для радиолокационных и радионавигационных приемных каналов.
11. Первичные и вторичные радиолокационные станции.
12. Измерение путевой скорости и угла сноса в бортовых радиолокационных системах.
13. Амплитудночастотная характеристика и фазочастотная характеристика радиотехнической цепи.
14. Методы измерения дальности.
15. Устройства селекции движущихся целей.
16. Вещественные и комплексные сигналы.
17. Методы измерения угловых координат при подвижной и неподвижной антенне.
18. Коды Баркера.
19. Формирование и обработка радиолокационных и радионавигационных сигналов с фазовой манипуляцией.
20. Спектр одиночного радиоимпульса.
21. Внеполосный и побочный прием радиосигналов.
22. Параметры внеполосного и побочного излучения радиосигналов.
23. Балансная модуляция и демодуляция сигналов.
24. Череспериодная компенсация.
25. Фазовый и амплитудный детекторы.
26. Структурная схема когерентно-импульсной радиолокационной станции.
27. Основные параметры радиопередающих устройств.
28. Автоматическая регулировка усиления радиоприемного устройства.
29. Разрешающая способность по дальности.
30. Вероятностные характеристики обнаружения радиосигналов.
31. Спектр бесконечной последовательности периодических радиоимпульсов.
32. Спектр ограниченного пакета периодических радиоимпульсов.
33. Комплексная огибающая радиосигнала.
34. Прямое преобразование Фурье. Примеры практического использования.
35. Структурная схема некогерентной радиолокационной станции.
36. Основные параметры радиоприемных устройств.

37. Обратное преобразование Фурье. Примеры практического использования.
38. Дальность действия РЭС передачи информации.
39. База (типы) радиолокационных и радионавигационных сигналов.
40. Дальность действия РЭС извлечения информации.
41. Структурная схема посадочной радиомаячной группы дециметрового диапазона.
42. Коэффициент шума радиоприемных устройств.
43. Преобразование Лапласа. Примеры практического использования.
44. Влияние земной поверхности на параметры радиолокационных и радионавигационных средств.
45. Радиосигналы с линейной и нелинейной частотной модуляцией.
46. Z-преобразование. Примеры практического использования.
47. Критерий максимального правдоподобия в радиолокации и радионавигации. Примеры практического использования.
48. Особенности построения и использования нелинейных радиолокаторов.
49. Радиотехнические системы ближней навигации.
50. ММО радиолокаторы.
51. Многопозиционные системы наблюдения.
52. Особенности построения и использования сверхширокополосных радиолокаторов.
53. Системы спутниковой навигации.
54. Особенности построения и использования метеорологических радиолокаторов.
55. Автоматическое зависящее от наблюдателя вещательного типа (АЗН-В).

5 Основная рекомендуемая литература

1. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы аэропортов и воздушных трасс. – М.: Инфра-М, 2019. – 352 с.
2. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов. – М.: Инфра-М, 2018. – 325 с.
3. Проскурин В.И., Ягольников С.В., Шевчук В.И. Радиолокационное наблюдение. Методы, модели, алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2017. – 368 с.
4. Справочник по радиолокации. В 2-х томах / под ред. М.И. Скольника. – М.: Техносфера, 2014.
5. Красюк В.Н., Оводенко А.А., Бестугин А.Р., Рыжиков М.Б. Антенны с малой радиозаметностью. Монография. – СПб.: Наука, 2011.
6. Казаринов Ю.М., Коломенский Ю.А., Кутузов В.М. и др. Радиотехнические системы / Под ред. Ю.М. Казаринова. – М.: Академия, 2008.
7. Сборник задач по курсу «Радиолокационные системы» / Под ред. П.А. Бакулева и А.А. Сосновского. – М.: Радиотехника, 2007.
8. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2007.
9. Монаков А.А. Основы математического моделирования радиотехнических сигналов. Учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2005.
10. Бабуров В.И., Пономаренко Б.В. Принципы интегрированной бортовой авионики. – СПб.: РДК-Принт, 2005.
11. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. – М.: Радиотехника, 2003.
12. Проектирование фазированных антенных решеток. Под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2003.

13. Монаков А.А. Теоретические основы радионавигации. Учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2002.
14. Беляевский Л.С., Новиков В.С., Олянюк П.В. Основы радионавигации. М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
15. Теоретические основы радиолокации. Под ред. В.Е. Дулевича. – М.: Сов. Радио, 1978.
16. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. Радио, 1977.
17. Теоретические основы радиолокации. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Сов. Радио, 1970.

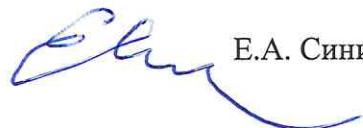
6 Дополнительная рекомендуемая литература

1. Криворучко Ю.Т., Музелин Ю.Н., Сеницын В.А., Сеницын Е.А. Бортовые устройства поиска, обнаружения радионавигационных сигналов и измерения их параметров. Учебное пособие. – СПб: Военмех, 2018.
2. Болелов Э.А., Биктеева Е.Б., Матюхин К.Н. Бортовой пилотажно-навигационный комплекс: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2017.
3. Иванов Ю.В., Петухов С.Г., Сеницын В.А., Сеницын Е.А. Устройства адаптивной обработки радиолокационных сигналов на фоне мешающих отражений. – СПб.: НИЦ АРТ, 2017.
4. Сеницын В.А., Сеницын Е.А., Страхов С.Ю., Матвеев С.А. Методы формирования и обработки сигналов в первичных радиолокационных станциях. – СПб: Военмех, 2016.
5. Шатраков Ю.Г. Автоматизированные системы управления воздушным движением. Учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2013. – 450 с.
6. Вадутов О.С. Математические основы обработки сигналов. – Томск: Томский политехнический университет, 2011.
7. Николаев С.Ф., Мазаян Н.Р., Сеницын Е.А., Фридман Л.Б., Чепель Е.В. Алгоритмы и устройства адаптивного подавления телевизионных помех для вторичных радиолокационных станций УВД. Монография. – СПб.: Облик, 2010.
8. Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 496 с.
9. Баженов А.В., Захаренко Г.И. и др. Радионавигационные системы. Учебное пособие. – Ставрополь: Ставропольское высшее военное авиационное инженерное училище (военный институт) имени маршала авиации В.А. Судца, 2007.
10. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные системы: Лабораторный практикум. – М.: Радиотехника, 2007.
11. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебное пособие / Под ред. М.А.Быховского. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 376 с.
12. Бабуров В.И., Васильева Н.В., Иванцевич Н.В., Панов Н.А. Совместное использование навигационных полей спутниковых радионавигационных систем и сетей псевдоспутников. – СПб.: РДК-Принт, 2005.
13. Бабуров В.И., Пономаренко Б.В. Принципы интегрированной бортовой авионики. – СПб.: РДК-Принт, 2005. – 448 с.
14. Защита радиолокационных систем от помех. Состояние и тенденции развития / Под ред. А.И.Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 416 с.
15. Справочник по радиолокации. В 4-х томах/под ред. М.И. Сколника. – М.: Сов. Радио, 1977.

**7 Электронные (образовательные, информационные,
справочные, нормативные и т.п.) ресурсы**

1. Шатилов А.М. Основы теории радионавигационных систем и комплексов. Электронный ресурс: www.csrns.ru. 2016.

Программу разработал
д-р техн. наук, проф.



Е.А. Сеницын

Начальник научно-образовательного центра,
д-р воен. наук, проф.



С.В. Баушев

Начальник отдела аспирантуры,
канд. воен. наук, доц.



В.А. Волгин