МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ОХРАННЫЕ СИСТЕМЫ

ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЕ ТИПОВОГО РАСЧЕТА

Для подготовки магистров по направлению 210400.68 «Радиотех- ника» магистерская программа 24 «Радиотехнические системы мониторинга» всех форм обучения.

МОСКВА 2012 г.

УДК 621.396.969.36 (076) ББК 32.95я73

Авторы: В.Л. Захаров, А.С. Сотникова Редактор: С.Н. Замуруев

Данные методические указания предназначены для подго- товки магистров по направлению 210400.68 «Радиотехника» ма- гистерская программа 24 «Радиотехнические системы монито- ринга» всех форм обучения при изучении специальной дисцип- лины по выбору (М2.В.ДВ.02.01) «Радиотехнические охранные системы» вариативной части профессионального цикла ООП и выполнения ими индивидуального типового расчета.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета университета.

Рецензенты: д.т.н., проф. В.И. Нефедов;

д.т.н., проф. Б.В. Стрелков

Нелегальное копирование и использование данного продук- та запрещено. Электронное издание, номер государственной ре- гистрации 0321203462 от 20 ноября 2012г.

ISBN 978-5-7339-1042-0

© Захаров В.Л., 2012 г.

© Сотникова А.С., 2012 г.

© МИРЭА, 2012 г.

# ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Радиотехнические охранные системы» является одним из специализированных предметов для магистров радио- технических специальностей. Цель еѐ преподавания – подготовка студентов к самостоятельной работе по созданию и применению радиопозиционных систем (РПС), используемых в современных многофункциональных радиотехнических системах (РТС) для решения задач автоматического обнаружения и измерения пара- метров сигналов вторичной радиолокации (локация с активным ответом), включая их цифровую обработку, с целью автономного контроля состояния и измерения в пространстве и времени коор- динат различных заданных подвижных объектов (охраны). Про- грамма курса предусматривает изучение основ теории работы и построения разных типов РПС, а также специфики реализован- ных в них методов локационных исследований в зависимости от структуры применяемых зондирующих радиосигналов.

Требования к обязательному минимуму содержания дисци- плины «Радиотехнические охранные системы» (М2.В.ДВ.02.01) выполнены с использованием ГОС дисциплины «Радиолокацион- ные системы» (СД.03).

Настоящее пособие составлено в соответствии с ФГОС ВПО дисциплины по выбору «Радиотехнические охранные системы» (М2.В.ДВ.02.01) вариативной части профессионального цикла ООП подготовки магистров по направлению 210400.68 «Радио- техника» магистерская программа 24 «Радиотехнические систе- мы мониторинга» всех форм обучения.

Студент по данному предмету обязан прослушать курс лекций и выполнить по результатам проведенных практических занятий один типовой расчет, после чего сдает дифференцируемый зачет. На зачете студент предъявляет зачтенный типовой расчет.

# 1. ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ОХРАННЫЕ

**СИСТЕМЫ»**

# Физические принципы работы вторичных радиолока-

**ционных систем.**

Задачи, решаемые вторичной локацией. Физические основы радиолокации: отражение, рассеяние и переизлучение радиоволн объектами (целями), эффект Доплера, тепловое радиоизлучение. Условия распространения различных волн. Рассеивающие свой- ства различных объектов и сред (материалов), их характеристики. Эффективная поверхность рассеивания (ЭПР) цели. Шумы ЭПР. [1. с. 13-69, 138-175; 2. с. 17-45; 3. с. 15-205; 4. т1 с. 7-25, 356-395]

# Методические указания:

Знать назначение и область применения локации. Ознако- миться с работой современных систем вторичной радиолокации (локация с активным ответом) и понимать актуальность решае- мых ими задач. Внимательно изучить физические основы радио- локации: отражение, рассеяние и переизлучение радиоволн объ- ектами (целями), эффект Доплера и тепловое радиоизлучение. Ра- зобраться в особенностях распространения различных волн. Учи- тывать, что рассеивающие свойства зависят от состава среды (ма- териала) и от формы самого объекта, определяя специфику их ха- рактеристик. Понимать, что собой представляет ЭПР конкретного объекта (цели) слежения, и, используя модель «блестящих» точек отражения, уметь объяснить механизм появления шумов ЭПР.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. Сформулируйте основные технические задачи, которые могут быть решены с помощью локационных методов.
    2. Расскажите об основных радиотехнических положениях теории относительности Эйнштейна.
    3. В чем заключается эффект Доплера? Объясните различия радиального и поперечного эффектов; - для РЛС и СПИ.
    4. Назовите факторы, влияющие на распространение радио- волн в различных средах и их отражение различными объектами.
    5. Как зависят потери при распространении радиосигнала в атмосфере от длины волны? От каких факторов они зависят?
    6. Как реализуют пассивное визирование в ИК-диапазоне?
    7. Объясните, какие основные факторы и как влияют на рас- сеивающие свойства различных объектов и материалов (сред).
    8. Дайте определение эффективной поверхности рассеива- ния объекта и объясните механизм появления шумов ЭПР.
    9. Как влияет деполяризация на ЭПР объекта?
    10. Как изменяется ЭПР цели при изменении γ от 0º до 50º?

# Основы теории радиопозиционных систем (РПС).

Принципы работы основных видов РПС. Специфика приме- нения разных диапазонов различных волн. Современная класси- фикация РПС. Импульсный объем локационного сигнала: разре- шающая способность, потенциальная точность, неоднозначность измерений. Энергетические соотношения линий радиолокации. Дальность действия и рабочая зона РПС. Загоризонтные РПС.

[1. с. 69-76; 2. с. 4-17; 3. с. 355-382; 4. т1 с. 26-101]

# Методические указания:

Знать основные виды и принципы работы станций вторич- ной локации с активными ответами (РПС). Понимать специфику применения разных диапазонов различных волн: уметь формули- ровать недостатки и достоинства каждого. Изучить современную классификацию РПС по различным отличительным признакам: – принципам работы и построению схем; – назначению и характеру извлекаемой информации; – основным показателям и тактиче- ским характеристикам; – используемым диапазонам и видам волн; – структуре зондирующего сигнала и рабочим параметрам;

* типу носителя и степени автономности и др. Разобраться в фи-

зике формирования импульсного объема локационного сигнала. Уметь выводить основное уравнение радиолокации для различных условий и знать, как дальность действия и рабочая зона РПС связа- на с еѐ параметрами и характеристиками объекта. Понимать прин- цип и отличительные особенности работы загоризонтных РПС.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. Дайте определение радиопозиционной системы, - устройст- ва, - комплекса. К какому классу РТС они относятся?
    2. Дайте краткую характеристику каждого вида вторичной ра- диолокации и соответствующих локационных систем.
    3. Расскажите о специфике волн разных диапазонов и как это используется в РПС. Укажите их недостатки и достоинства.
    4. Дайте классификацию РПС по - назначению; - виду изме- ряемого параметра; - степени автономности и т.д.
    5. Что называют бистатической; - полуактивной; - многопози- ционной РЛС? Объясните: почему?
    6. Дайте определение локационного элемента.
    7. Приведите структурную схему активной импульсной РПС. Поясните назначение еѐ основных элементов.
    8. Объясните, как выбирают частоты сканирования для РПС.
    9. Какое уравнение называют основным уравнением радиоло- кации? Как дальность действия и рабочая зона радиолокатора свя- зана с его параметрами и характеристиками цели (объекта)?
    10. Объясните принцип работы загоризонтной РПС.

# Проблемы выбора зондирующего радиосигнала.

Сигналы, помехи и шумы в каналах РПС. Диаграмма неоп- ределенности и спектрально-корреляционная функция. Сложные шумоподобные и энергоемкие радиосигналы, их характеристики. Идентификация сигналов. Пространственно-временная обработка радиосигналов. Wavelet - анализ. Особенности цифровой обра- ботки сигналов. Компьютерное моделирование сигналов и РПС. [1. с. 77-105; 2. с. 89-115; 3. с. 382-406, 435-468; 4. т1 с. 104-156]

# Методические указания:

Понимать физику формирования моделей радиосигналов и помех. Дайте краткую характеристику всем воздействиям, оказы- вающим существенное влияние на работу РПС. Разберитесь с фи- зическим смыслом спектрально-корреляционной функции неоп- ределенности, представьте внешний вид (сечения) диаграммы не- определенности (ДН) и изучите еѐ основные свойства. Уметь обосновывать выбор структуры любого зондирующего сигнала. Представлять последовательность действий: обнаружение, раз- решение, распознавание и измерение параметров отраженного сигнала. Разобраться в физике формирования пространственно- временной модели сигнала. Понимать особенности использова- ния Вейвлет анализа. Знать основные достоинства и недостатки цифровой обработки сигналов. Освоить и применять математиче- ские пакеты программ «Mathcad» и «Matlab» для компьютерной обработки радиосигналов и расчетов элементов схем РПС.

# Вопросы для самопроверки:

1. Как формируются модели сигналов и помех? Почему форма сигнала на выходе линейной части РПУ похожа на шум?
2. Дайте определение ДН, представьте еѐ типичный внеш- ний вид (сечения) и приведите основные свойства.
3. Дайте определение информативного параметра радиосиг- нала, приведите примеры таких параметров.
4. Чем определяется площадь ДН и как она зависит от пара- метров полезного радиосигнала?
5. Что такое первичная, вторичная и третичная обработка радиосигналов? Какую это дает дополнительную информацию?
6. Представьте внешний вид ДН радиосигнала, заданного в виде последовательности δ – функций по времени; - по частоте.
7. Что происходит с ДН радиосигнала при введении внутри- импульсной линейной/нелинейной ЧМ?
8. Что такое пространственно-временной радиосигнал? Что понимают под его пространственно-временной когерентностью?
9. Объясните особенности использования Вейвлет анализа.
10. Назовите и обоснуйте основные достоинства и недостат- ки цифровой обработки радиосигналов.

# Оптимальная обработка при обнаружении радиопозици-

**онных сигналов.**

Основы статистической теории локации: обнаружение, раз- решение и оценивание параметров радиосигналов. Принципы об- наружения сигналов. Статистические критерии обнаружения и оценивания параметров сигналов. Критерии оптимального обна- ружения и их реализация. Накопители пачек радиоимпульсов.

[1. с. 106-137; 2. с. 45-89, 206-228; 3. с. 205-263; 4. т1 с. 176-217]

# Методические указания:

Разобраться в статистической природе процессов автомати- ческого обнаружения, разрешения и оценивания параметров ра- диосигналов. Понимать физический смысл, которое несет отно- шение правдоподобия, и как оно влияет на статистические крите- рии обнаружения сигналов. Различать условия применения раз- личных критериев оптимального обнаружения и реализовывать их при решении конкретных задач. Знать принципы когерентной и некогерентной обработки сигналов и уметь их реализовывать.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. В чем заключается задача обнаружения радиосигналов и почему она носит статистический характер?
    2. За счет чего возникают потери при обнаружении сигна- лов? Объясните причины ошибок ложная тревога/пропуск цели.
    3. Какими соотношениями связаны вероятности Рпо и Рлт в одном элементе разрешения и во всей области обзора?
    4. Как строятся характеристики или кривые обнаружения?
    5. Дайте определение отношения правдоподобия и перечис- лите основные критерии оптимального обнаружения.
    6. В чем сущность критерия минимума среднего риска и что такое априорная неопределенность?
    7. В чем различие критериев Вальда и Неймана-Пирсона?
    8. Как работают ранговый обнаружитель и обнаружитель, использующий статистику знаков (знаковый обнаружитель)?
    9. Приведите структурную схему бинарного обнаружителя, работающего в «скользящем» окне; - робастного обнаружителя.
    10. Сравните потенциальные точности оценки дальности для РЛС, использующих следующие сигналы: - простые радиоим- пульсы; - радиоимпульсы с ЛЧМ; - радиоимпульсы с ФМн.

# Современные системы определения местоположения из-

**вестных объектов.**

Основные методы разрешения и измерения параметров ра- диосигналов в приемных каналах РПС: угловых координат, даль- ности и скорости движения заданного объекта слежения. Устрой- ства оценки сигналов. Радиотехнические дальномеры, высотоме- ры, построители вертикали, пеленгаторы и измерители скорости. [1. с. 210-248; 2. c. 115-147, 228-282; 3. с. 406-435; 4. т3 с. 234-276,

т4 с. 7-87]

# Методические указания:

Познакомиться с основными видами опорных систем коор- динат и методами определения местоположения объектов: даль- номерным, пеленгационным, дальномерно-пеленгационным, раз- носно и суммарно-дальномерным, радиально-скоростным и тра- версным. Понимать, как формируются линии и поверхности по- ложения объекта и от чего зависят их ошибки в пространстве и на плоскости. Изучить основные методы разрешения и оценки па- раметров радиосигналов при измерении дальности, угловых ко- ординат, радиальной скорости движения объекта слежения. Знать принцип действия основных видов дальномеров, высотомеров, построителей вертикали, пеленгаторов и измерителей скорости.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. Каков физический смысл потенциальной точности оценки параметров радиосигнала и структура оптимального измерителя?
    2. Какие системы координат используют при определении местоположения объектов? Что такое геометрический фактор?
    3. Как определить местоположение объекта позиционным методом? Что такое эллипсоид ошибок экстраполяции?
    4. Объясните принципы работы построителей вертикали и методы измерения высоты объекта над поверхностью Земли.
    5. Объясните основные способы определения радиальной скорости движения заданных объектов: прямые и обратные.
    6. Чем определяется диапазон однозначности при измерени- ях углов (направлений), дальности и радиальной скорости?
    7. Объясните запросный/беззапросный методы измерения радиальной скорости. Укажите их достоинства и недостатки.
    8. Как выбрать оптимальный радиосигнал для определения скорости объекта по доплеровскому сдвигу частоты?
    9. Что вызывает появление динамической ошибки?
    10. Для чего производится дробно-кратное преобразование частоты в измерителе радиальной скорости активного объекта?

# Современные аспекты радиоэлектронной борьбы.

Пассивные радиопомехи и методы снижения их влияния: электромагнитная совместимость (ЭМС). Системы неумышлен- ного искажения информации: принципы и методы помехозащи- ты. Системы преднамеренного разрушения информации: задачи и методы радиоэлектронной разведки, маскировки собственных РТС и подавления РТС противника. Современная классификация радиопомех: борьба с пассивными и активными помехами.

[2. с. 147-206; 3. с. 263-355; 4. т2 с. 363-395]

# Методические указания:

Разобраться в физике воздействия основных видов радио-

помех в системах неумышленного искажения информации. Озна- комиться с основными методами обеспечения ЭМС работы раз- личных РТС. Знать основные виды систем преднамеренного раз- рушения информации. Уметь формулировать задачи радиоэлек- тронной разведки, чтобы в текущем режиме времени определять характеристики РТС противника. Знать активные и пассивные методы маскировки собственных РТС и подавления РТС против- ника. Изучить современную классификацию радиопомех по раз- личным отличительным признакам: – назначению и методам формирования; – принципам работы и мерам защиты; – видам воздействий, природе и рабочим параметрам; – степени автоном- ности и др. Разобраться в факторах, влияющих на значение ЭПР произвольного объекта, и основных методах его уменьшения.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. Как подразделяют радиопомехи по причине их возникно- вения и по воздействию на РПС?
    2. Приведите примеры основных видов пассивных естест- венных и умышленных радиопомех.
    3. Назовите причины электромагнитной несовместимости.
    4. В чем заключаются отличия сигналов пассивной радио- помехи и неподвижной или движущейся цели для РПС?
    5. Чем различаются шумовая и импульсная радиопомехи?
    6. Что такое автокомпенсатор и как он подавляет активную радиопомеху, поставленную для РПС?
    7. Как работают поглощающие и интерференционные про- тиворадиолокационные покрытия?
    8. Перечислите методы создания объектов (целей) «малоот- ражающей» для РПС формы.
    9. Перечислите активные и пассивные методы противора- диолокационной маскировки различных объектов.
    10. Назовите основные элементы разведывательного РПУ и объясните их назначение?

# Основные виды специализированных радиопозицион-

**ных систем.**

Наземные, морские и воздушные РПС. Системы космиче- ского, подводного и подземного базирования. РПС с синтезиро- ванной апертурой и подповерхностного зондирования. Пассивная радиолокация и еѐ особенности. Методы реализации многофунк- циональных комплексов РПС: особенности эксплуатации.

[1.с. 176-209, 249-351; 2.с. 282-295; 3.с. 468-497; 4. т4 с. 248-288]

# Методические указания:

Разобраться в механизме функционирования РПС на приме- ре наземных, морских и воздушных станций. Необходимо пони- мать, как скажется на работе системы еѐ космическое, подводное или подземное базирование. Знать принцип работы РПС с синте- зированной апертурой и методы его реализации. Изучить методы применения подповерхностного зондирования. Понимать осо- бенности пассивной радиолокации и использовать их для реше- ния конкретных задач. Знать основные виды радиометрических РПУ (РМРПУ) и принципы их работы. Уметь учитывать реаль- ную ситуацию при эксплуатации РПС в составе комплексов РТС.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. Перечислите основные физические факторы, обеспечи- вающие работу наземных, морских и воздушных РПС.
    2. В чем заключается специфика работы систем космическо- го, подводного и подземного базирования?
    3. Как определяется и сопровождается траектория движения?
    4. В чем заключается и для каких целей применяется метод апертурного синтеза? Что такое системы суперсинтеза?
    5. Почему системы с разнесенным приемом, оценивающие угловое направление на объект слежения, называют: - фазовыми; - корреляционно-амплитудными; - корреляционно-фазовыми?
    6. Назовите и обоснуйте преимущества и недостатки аппара-

туры пассивного визирования по сравнению с активной РПС.

* + 1. Перечислите типы РМРПУ и особенности их реализации. Изобразите функциональную схему модуляционного РМРПУ.
    2. Какие методы используют для пространственной селекции отражающих участков поверхности и как оценить еѐ качество?
    3. Поясните особенности пространственной селекции по: - угловым координатам; - частоте отраженного сигнала; - времени?
    4. Назовите и обоснуйте достоинства и недостатки кепст- ральной обработки в геолокации.

# Проблемы современных РПС массового обслуживания.

Радиолокация с активным ответом. Многопозиционные и распределенные РПС. Применение основных положений теории информации и кодирования радиосигналов. Основные виды гло- бальных, региональных и местных РПС. Типовые модели систем массового обслуживания (МО). Селекция и распознавание (иден- тификация) заданных объектов слежения. Радиометки. Примене- ние ЭВМ и локальных вычислительных сетей.

[2. с. 295-312; 3. с. 497-509; 4. т4 с. 193-215]

# Методические указания:

Ознакомиться с работой современных систем вторичной ра- диолокации (локация с активным ответом) и понимать важность решаемых ими задач. Изучить особенности систем МО. Разо- браться в принципах работы таких систем и понимать важность правильной организации шкалы единого времени для них. Знать основные способы увеличения пропускной способности (сжатие информации, увеличение числа и уплотнение каналов связи) и виды защиты информации (модуляция, кодирование и шифрова- ние) систем МО. Изучить основные разновидности многопозици- онных РПС (МПРПС), как частного вида радиосистем МО, и дать характеристику их составным частям. Знать принципы и особен- ности работы систем синхронизации комплексов МПРПС. Знать принципы построения распределенных РПС. Ознакомиться с ос-

новными методами селекции и распознавания отдельных объек- тов в составе радиосистем МО. Разобраться с принципами работы и строением систем на основе радиометок. Уточнить, что собой представляет цифровая РТС, и какие причины в настоящее время привели к широкому использованию таких систем. Понимать, ка- кие перспективы открываются при использовании локальных вы- числительных сетей в МПРПС, учитывая специфику их работы.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. Укажите достоинства и недостатки локации с активным ответом. Расскажите о специфике работы радиосистем МО.
    2. Что называют многопозиционной РПС? Какие основные виды МПРПС вы знаете?
    3. Как организуют шкалу единого времени для радиосисте- мы МО? Что собой представляет база МПРПС?
    4. Назовите основные типовые модели радиосистем МО и дайте характеристику еѐ составным частям.
    5. Какие виды объединения информации о заданных объек- тах слежения возможны в МПРПС?
    6. Какие методы увеличения пропускной способности кана- лов связи и когда используют в современных радиосистемах МО?
    7. Какие принципы и виды защиты информации в каналах связи и когда используют в современных радиосистемах МО?
    8. Перечислите основные методы селекции и распознавания отдельных объектов в радиосистемах МО. Что такое радиометки?
    9. Расскажите об основных принципах построения локаль- ных вычислительных сетей с учетом специфики работы МПРПС.
    10. Какой диапазон радиоволн надо использовать в МПРПС для обеспечения пространственно-когерентной обработки, если известно, что Б = 15м, R >3км и Lц = 30м?

# Основные тенденции и перспективы развития совре-

**менных РПС.**

Радиочастотный спектр и проблемы его оптимального ис-

пользования. Основные требования и тенденции развития совре- менных многофункциональных позиционных радиокомплексов.

[1. с. 352-375; 3. с. 509-529; 4. т3 с. 7-195]

# Методические указания:

Учитывая многофункциональность и универсальность со- временных РТС, уметь обосновывать синтез и/или оптимизацию конкретных РПС: в зависимости от заданной потенциальной точ- ности измерений выбирать рабочий диапазон частот и структуру зондирующих сигналов, принципы работы и построения РПС и др. еѐ характеристики. Изучить методы повышения качества функционирования этих систем за счет их адаптации к конкрет- ным условиям слежения и комплексирования.

# Вопросы для самопроверки:

* + 1. Дайте определения понятий «синтез» и «оптимизация» и их критериев для радиотехнических систем.
    2. Назовите особенности спектров сигналов, оптимальных для наилучшего разрешения и высокоточных измерений?
    3. Как правильно выбрать рабочий диапазон радиоволн для конкретной технической РТС?
    4. В чем совпадают и в чем различаются задачи синтеза и оптимизации для технической РТС?
    5. Как обеспечить оптимальность выбора рабочего диапазо- на радиоволн для многофункциональных РТС?
    6. Объясните выбор рабочего диапазона радиоволн для под- земных; - космических радиосистем.
    7. Для каких радиосистем в качестве рабочего наиболее подходит метровый диапазон радиоволн? Объясните: почему?
    8. Что даѐт применение адаптации и комплексирования для работы позиционных радиосистем? Объясните: почему?
    9. Перечислите основные требования к современным мно- гофункциональным радиопозиционным комплексам.
    10. Расскажите об основных тенденциях развития современ- ных многофункциональных радиотехнических комплексов.

# ТИПОВОЙ РАСЧЕТ

Выполнение типового расчета по следующей тематике:

* + Радиопозиционная система автоматического сопровождения и контроля заданного подвижного объекта охраны по дальности и направлению с коническим сканированием луча.
  + Радиопозиционная система контроля наземных аппаратов.
  + Радиопозиционная система контроля атмосферных ЛА.
  + Радиопозиционная система контроля космических аппаратов.
  + Радиопозиционная система контроля подводных аппаратов.
  + Радиопозиционная система контроля подземных агрегатов.

Варианты дополнительных тем:

* + - Международная космическая система спасения КОСПАС/ SARSAT.
    - Навигационные системы: а) глобальные космические систе- мы ГНС/GPS: – ГЛОНАСС (советская), – NAVSTAR (американ- ская), ГАЛИЛЕО (европейская) и др.
    - Системы мобильной сотовой радиосвязи на базе: – DAMPS; – GSM; – DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications); – CDMA (Code Division Multiple Access) и др.
    - Региональные и локальные позиционные системы РПС: – воздушные РПС; – морские РПС; – железнодорожные РПС и – автомобильные РПС.
    - Системы охраны и контроля автомашин: а) местные индиви- дуальные: − Excellent, Tomahawk, Black Bug, Reef Net R − 600, Scher − Khan Magi car V, Mull − T − Lock, Reck, Sheriff, Alligator, Fortress, Patrol Line, Цезарь − Сателлит, Пантера, Мангуст и т.д. б) локальные коллективные: − КОРЗ, Гранит, Эспакс, Lo Jack, On Guard, Car Cop, Rockwell/ADT и т.д. в) глобальные космические на базе ГПС/GPS.
    - Сделанные по технологии Stealth (СТЕЛС) и управляемые беспилотные подвижные объекты специального назначения.
    - Protected Communication System (stationary or mobile).

В типовом расчете студенту надо выполнить анализ работы одной из предложенных радиосистем. Индивидуальный вариант задания определяется студентом самостоятельно по последней цифре шифра своего студенческого билета (зачетки), а номер ва- рианта исходных данных – по предпоследней цифре шифра.

По согласованию с преподавателем можно индивидуально выбрать любые специализированные радиосистемы управления, автоматики, дальнометрии (локации, навигации и позиционные), электронной борьбы и иное эквивалентное задание по тематике своей диссертационной работы магистра.

# Условия заданий типового расчета

По заданным тактическим характеристикам радиосистемы произвести расчет еѐ основных технических характеристик:

* вид зондирующего радиосигнала и его параметры (длину волны, среднюю и импульсную мощность, длительность, период следования, внутриимпульсную модуляцию и т.д.);
* основные параметры РПУ (полосу пропускания, чувстви- тельность, динамический диапазон сигналов, промежуточные частоты, регулировку усиления, уровень выходного сигнала, оце- нить величину потерь при обработке, элементную базу и т.д.);
* основные характеристики антенной системы (тип антенны, еѐ основные размеры, ширину диаграммы направленности в двух плоскостях, КНД, уровень боковых лепестков, оценить значение потерь в антенно-фидерном тракте и т.д.);
* тип и характеристики выходного устройства радиосисте- мы (тип и число индикаторов, тип устройства накопления (или межпериодной обработки), порогового устройства, вид кода при цифровом съеме информации и т.д.);
* вид устройства управления режимом работы системы (синхронизатора (таймера), синтезатора частот и т.д.).
* составить функциональную и структурную схемы всей системы и подробную структурную схему заданного устройства.

# Варианты Радиотехнических систем

«Наземная РЛС секторного обзора воздушных целей».

Максимальная дальность обнаружения самолета с ЭПР ζ = 5 м2

не менее R0 = 200 км. Дальность действия при активных шумо- вых радиопомехах интенсивностью Р0 – не менее 150 км, при на- личии пассивных помех интенсивностью n пачек на 1км пути при

ЭПР одной пачки 100 м2 – не менее 180 км. Число целей до 50.

Сектор обзора Δβ×Δε. Период обзора Тобз. Ошибки измерения ко- ординат: – по углам не более ζθ и по дальности не более ζR. Ве- роятность правильного обнаружения не менее Рпо при среднем числе ложных тревог за обзор не более N. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Δβ, град | 60 | 60 | 60 | 30 | 30 | 30 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Δε, град | 40 | 50 | 60 | 20 | 30 | 15 | 30 | 40 | 50 | 20 |
| Р0,Вт/МГц | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| n | 5 | 10 | 15 | 20 | 15 | 5 | 10 | 15 | 20 | 15 |
| Рпо | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Тобз, с | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 |
| ζ , м2  R | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| ζθ, мин | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 |
| Схема | Прием-  ник | | Передат-  чик | | Антенна | | Нако-  питель | | Система  СДЦ | |

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТИПОВОГО РАСЧЕТА

Двумя главными задачами радиосистем являются: – обна- ружение неизвестных объектов (целей) с помощью радиосигна- лов и определение местоположения и параметров движения этих

объектов. Выполнение типового расчета следует начать с по- строения обобщенных функциональной и структурной схем по- лученной радиосистемы, учитывая особенности каждого вида и требования индивидуального задания, с обязательным указанием рабочих сигналов/параметров во всех линиях связи. При проек- тировании радиосистем еѐ синтез целесообразно начинать с за- данных характеристик обнаружения и заданной точности изме- рения координат. Показателями качества обнаружения являются вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги, а пока- зателем качества измерения координат является еѐ ошибка (сред- неквадратическое значение). На основе этих характеристик с уче- том требований по зоне действия и уровню помех и определяют- ся наиболее рациональные требования к РПдУ, антенне, РПУ, устройствам съема информации и др. Следует отметить, что тре- бования к отдельным устройствам с точки зрения задачи обнару- жения и измерения координат при различных видах помех часто противоречивы, что существенно усложняет задачу синтеза.

# ОФОРМЛЕНИЕ ТИПОВОГО РАСЧЕТА

1. Типовой расчет выполняется в полном соответствии с ин- дивидуальным заданием каждым студентом самостоятельно в тетради с полями для замечаний и пометок преподавателя.
2. В титуле работы записывают еѐ полное название с указа- нием заданного типа радиосистемы, режима еѐ работы и номера варианта числовых данных, фамилию, инициалы и шифр студен- та, а также номер его учебной группы, число и фамилию препо- давателя кафедры, подписавшего это задание.
3. При выполнении работы по каждому пункту задания расчету отдельных величин искомых параметров должны предшествовать полные текст условия задания с исходными данными и вывод расчетной формулы в общем виде с необхо- димыми пояснениями и ссылок на литературу. Заданные срав- нение результатов, оценка погрешностей, полученные графики и выводы по каждому пункту работы должны быть представле- ны в отчете четко и наглядно, а все необходимые графические

работы следует выполнять строго по ГОСТу. В конце типового расчета приводится список используемой в нем литературы.

# План изложения материала в типовом расчете

1. **Введение**
2. Анализ главных специализированных задач, стоящих пе- ред заданной радиотехнической системой.
3. Анализ решений и принципов работы, используемых для данного вида систем с учетом поставленных задач.

# Основная часть

* 1. Обоснование и анализ построения выбранной РТС на ос- нове исходных данных с акцентом на следующее:

а) обоснование используемых рабочих радиосигналов;

б) анализ выбранных функциональной и структурной схем.

* 1. Необходимые числовые вычисления.
  2. Конкретная реализация полученных решений.

# Заключение

1. Анализ основных радиотехнических недостатков, харак- терных для полученной РТС данного типа.
2. Конструктивные предложения (конкретные) по устране- нию этих недостатков.

# 5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК: Основной

1. Баскаков А.И., Жутяева Т.С., Лукашенко Ю.И. Локацион- ные методы исследования объектов и сред / Под ред. А.И. Баска- кова, М., «Академия», 2011г.
2. Бакулев П.А. Радиолокационные системы, М., Радиотехни- ка, 2004 г.
3. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации, М., Радио и Связь, 1983 г.
4. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Сколника в 4–х томах, М., Советское Радио, 1976 – 1979 гг.

# Дополнительный

1. Справочник «Радиоэлектронные системы» – Основы по- строения и теория / Под ред. Я.Д. Ширмана (изд. 2-е перерабо- танное и дополненное), М.: Радиотехника, 2007 г.
2. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Радиомо- ниторинг – Задачи, методы, средства / Под ред. А.М. Рембовского (изд. 2-е переработанное и дополненное), М., Телеком, 2010 г.
3. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы, Минск, Выс- шая школа, 1988 г.
4. Арсеньев Г.Н., Деркач В.В. Автоматические устройства ра- диоэлектронных систем, М., Радиотехника, 2006 г.
5. Куприянов А.И., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба - Основы теории, М., «Вузовская книга», 2011 г.
6. Справочник по радиоэлектронным системам / Под ред. Б.Х. Кривицкого в 2–х томах, М., Энергия, 1979 г.
7. Пассивная радиолокация – Методы обнаружения объектов / Под ред. Р.П. Быстрова, А.В. Соколова, М., Радиотехника, 2008 г.
8. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьюте- ризованный курс, М.: Форум-Интра-М, 2005 г.
9. Радиолокационные системы многофункциональных самоле- тов / Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова в 3-х томах, М., Радиотехника, 2006 г.
10. Ерофеев Г.С., Прозоровский Ю.С. Радиотехнические систе- мы: Методические указания по выполнению курсовой работы, М., МИРЭА, 1992 г.

# Вспомогательный

1. Дымова А.И., Альбац М.Е., Бонч-Бруевич А.М. Радиотехни- ческие системы, М., Советское Радио, 1975 г.
2. Радиосистемы управления / Под ред. В.А. Вейцеля, М., Дрофа, 2005 г.
3. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика, М., Радиотехника, 2003 г.
4. Виницкий А.С. Автономные радиосистемы, М., Радио и Связь, 1986 г.
5. Ратынский М.Г. Основы сотовой связи, М., Радио и Связь, 1997 г.
6. Международная космическая радиотехническая система об- наружения терпящих бедствие / Под ред. В.С. Шебшаевича, М., Радио и Связь, 1997 г.
7. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова и В.Н. Харисова, М., Радиотехника, 2005 г.
8. Андрианов В.И., Бородин В.А., Соколов А.В. «Шпионские штучки» и устройства для защиты объектов и информации, Спб., Лань, 1996г.
9. Андрианов В.И., Соколов А.В. «Шпионские штучки 2» или как сберечь свои секреты, М., Полигон, 1997 г.
10. Беспалов Е.С., Мусянков М.И., Пирхавка А.П., Чернявский Г.М. Спутниковые навигационные системы, М., МИРЭА, 1999 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение 3
2. Программа, методические указания и контрольные вопросы по дисциплине «Радиотехнические охранные системы» 4
3. Задание для индивидуального типового расчета 16
4. Методические указания по выполнению типового расчета 18
5. Требования по оформлению типового расчета 19
6. Библиографический список 20
7. Содержание 22