МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО

ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ И КОМПЛЕК- СОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЕ ТИПОВОГО РАСЧЕТА

Для студентов специальности 210601.65 «Радиоэлектронные сис- темы и комплексы» специализация подготовки 02 «Радиоэлек- тронные системы передачи информации» всех форм обучения.

МОСКВА 2013 г.

УДК 621.391:623.61 (076) ББК 32.84я75

Редактор: С.Н. Замуруев

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

д.т.н., проф. С.В. Киреев

Захаров В.Л., Куренков В.В., Фатьянов Ю.М. Основы тео- рии систем и комплексов радиоэлектронной борьбы. Программа, методические указания и задание типового расчета. / Федераль- ное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государ- ственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» /-М., 2013.- 22 с.

Данные методические указания предназначены для студен- тов специальности 210601.65 «Радиоэлектронные системы и ком- плексы» специализация 02 «Радиоэлектронные системы передачи информации» всех форм обучения при изучении специальной дисциплины С3.Б.24 «Основы теории систем и комплексов ра- диоэлектронной борьбы» базовой части профессионального цик- ла ООП и выполнения ими индивидуального типового расчета.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета университета.

Нелегальное копирование и использование данного продук- та запрещено. Электронное издание, номер государственной ре- гистрации 0321300859 от 7 мая 2013г.

ISBN 978-5-7339-1102-1

© Захаров В.Л., 2013 г.

© Куренков В.В., 2013 г.

© Фатьянов Ю.М., 2013 г.

© МИРЭА, 2013 г.

# ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Основы теории систем и комплексов радио- электронной борьбы» является важным специальным предметом для студентов радиотехнических специальностей. Цель еѐ препо- давания – подготовка студентов к самостоятельной работе по созданию и применению средств и систем радиоэлектронной борьбы (РЭБ), используемых в современных радиоэлектронных системах (РЭС) для решения задач мониторинга эфира и анализа параметров радиосигналов всех РЭС в зоне ответственности сис- тем РЭБ с целью защиты собственных РЭС и обнаружения, раз- ведки и подавления/уничтожения РЭС противника. Программа курса предусматривает изучение основ теории и принципов по- строения систем РЭБ различного назначения, включая неумыш- ленный и бытовой, а также специфики реализованных в них ме- тодов взаимодействий в зависимости от структуры применяемых сигналов.

Требования к обязательному минимуму содержания дисцип- лины С3.Б.24 «Основы теории систем и комплексов радиоэлек- тронной борьбы» выполнены в полном соответствии с ГОС дис- циплин СД.01 «Теоретические основы радиоэлектронной борь- бы», СД.02 «Средства радиоэлектронного наблюдения» и СД.03

«Средства радиоэлектронной защиты».

Настоящее пособие составлено в соответствии с ФГОС ВПО дисциплины С3.Б.24 «Основы теории систем и комплексов радио- электронной борьбы» базовой части профессионального цикла ООП студентов по специальности 210601.65 «Радиоэлектронные системы и комплексы» специализация 02 «Радиоэлектронные системы передачи информации» всех форм обучения.

Студент по дисциплине обязан прослушать курс лекций и вы- полнить по результатам проведенных практических занятий инди- видуальный типовой расчет, после чего сдает дифференцируемый зачет На зачете студент предъявляет свой зачтенный типовой расчет

# ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ И

**КОМПЛЕКСОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ»**

# Сигналы, шумы и радиоэлектронные помехи РЭС.

Задачи, решаемые РЭБ при противодействии. Сигналы, соб- ственные шумы и радиоэлектронных помехи в каналах РЭС и эфире. Специфика разных диапазонов различных волн. Совре- менная классификация шумов и помех. Важнейшие физические методы борьбы с пассивными и активными радиопомехами.

[1. с. 134-353; 2. с. 65-129; 3. с. 273-318, 424-467]

# Методические указания:

Знать основные направления РЭБ (радиоэлектронная раз- ведка, противодействие, маскировка и помехозащита) и понимать актуальность решаемых ими задач. Понимать физический смысл формирования моделей сигналов, собственных шумов и радио- электронных помех. Ознакомиться с важнейшими характеристи- ками РЭС: спектрально-корреляционная функцией радиосигнала и его диаграммой неопределенности (ДН); энергетическими со- отношениями линий связи (дальность действия и рабочая зона); сложными шумоподобными и энергоемкими сигналами и их идентификацией. Разобраться в пространственно-временной мо- дели сигналов и знать принципы их когерентной и некогерентной обработки. Представлять специфику применения разных диапа- зонов различных волн: уметь формулировать недостатки и дос- тоинства каждого. Изучить современную классификацию шумов и помех по различным отличительным признакам: – назначению (маскирующие, имитирующие, дезинформирующие и аннигили- рующие) и методам/способам формирования (пассивные и актив- ные); – природе (радиоэлектронные, оптико-электронные, аку- стические и др.) и рабочим параметрам; – видам воздействий и мерам защиты; – степени автономности и др. Знать основные энергетические соотношения при создании активных помех РЭС.

Освоить важнейшие физические методы и способы борьбы с пас- сивными (маскирующими, дезинформирующими, информацион- ными, обнаружения и сопровождения объектов) и активными (генераторными, ретрансляционными и ответными) помехами. Уметь применять возможности временного, частотного и про- странственного ресурсов для решения практических задач.

# Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные направления РЭБ и сформулируйте главные технические задачи для каждого из них.
2. Объясните физические принципы формирования моделей воздействий: сигналов, шумов и радиоэлектронных помех.
3. Дайте определение ДН, представьте еѐ обобщенный внешний вид (сечения) и приведите важнейшие свойства.
4. Приведите внешний вид ДН радиосигнала, заданного в виде последовательности δ – функций по времени; – по частоте.
5. Как дальность действия и рабочая зона РЭС связана с пара- метрами и характеристиками еѐ воздействий (излучений)?
6. Изложите и обоснуйте преимущества и недостатки ис- пользования сложных шумоподобных и энергоемких сигналов.
7. Что такое пространственно-временной радиосигнал? Что понимают под его пространственно-временной когерентностью?
8. Расскажите о специфике волн разных диапазонов и как это используется в РЭС. Укажите их недостатки и достоинства.
9. Дайте классификацию шумов и помех по: – назначению; – методам формирования; – видам воздействий и мерам защиты.
10. Как можно посчитать мощность активной радиопомехи?
11. Перечислите важнейшие физические методы и способы борьбы с пассивными радиопомехами и шумами.
12. Перечислите основные физические методы и способы борьбы с активными радиопомехами. Объясните: почему?

# Объекты радиоэлектронной борьбы и среда.

Важнейшие показатели и характеристики объектов РЭБ и среды/эфира. РЭС различного базирования, включая загоризонт- ные системы. Бытовое радиоэлектронное противодействие (РЭП).

[1. с. 28-66; 3. с. 25-92]

# Методические указания:

Знать признаки основных объектов РЭБ и их важнейшие ха- рактеристики. Изучить современную классификацию РЭС по различным отличительным признакам: – назначению и характеру рабочей информации; – основным показателям и техническим характеристикам; – принципам работы и построения схем; – ис- пользуемым диапазонам и видам волн; – структуре полезных сигналов и их рабочим параметрам; – типу носителя и степени автономности и др. Представлять возможности и пути модифи- кации среды распространения и сигнальной обстановки в интере- сах РЭБ. Разобраться в специфике работы РЭС наземного, мор- ского, воздушного, космического, подводного, подземного и за- горизонтного базирования: уметь формулировать недостатки и достоинства каждой. Уметь ставить задачи при бытовом РЭП: знать принципиальные отличия между объектами РЭБ и РЭП.

# Вопросы для самопроверки:

1. Что является «объектом» РЭБ? Перечислите основные объекты и приведите их важнейшие свойства и характеристики.
2. Как среда распространения влияет на работу систем РЭБ?
3. Дайте классификацию РЭС по – назначению; – используе- мым диапазонам, структуре сигналов и их рабочим параметрам.
4. Дайте классификацию РЭС по – принципам работы; – ос- новным показателям и тактико-техническим характеристикам.
5. Сформулируйте основные задачи бытового РЭП/РЭБ.
6. Объясните важнейшие принципы, методы и способы борь- бы со средствами бытового РЭП/РЭБ на примере автоугонов.
7. Расскажите об основных методах и способах защиты ком- мерческой информации от несанкционированного доступа.
8. Обоснуйте важнейшие физические факторы, обеспечи- вающие работу наземных, морских и воздушных РЭС.
9. В чем заключается специфика работы систем космическо- го, подводного и подземного базирования? Объясните: почему?
10. Поясните принцип/специфику работы загоризонтных РЭС.

# Электромагнитная совместимость работы РЭС.

Основные показатели и характеристики РЭС и проблема электромагнитной несовместимости (ЭМС): причины и виды. Системы неумышленного искажения информации: методы реали- зации помехозащиты и помехоустойчивости. Способы обеспече- ния ЭМС работы РЭС различного назначения и базирования.

[1. с. 606-625; 2. с. 326-337; 3. с. 93-96]

# Методические указания:

Дайте характеристику основным природным и искусствен- ным воздействиям, оказывающим существенное влияние на ра- боту РЭС. Разобраться в механизме воздействия различных шу- мов и радиопомех и представлять его результаты при неумыш- ленном искажении показателей и характеристик РЭС. Уметь вы- водить уравнение ЭМС. Изучить важнейшие методы обеспечения ЭМС работы РЭС различного назначения и базирования.

# Вопросы для самопроверки:

1. Расскажите о важнейших природных и искусственных воздействиях, оказывающих существенное влияние на работу РЭС, и дайте им всестороннюю качественную характеристику.
2. Назовите причины и виды ЭМС. Объясните: почему?
3. Чем различаются шумовая и импульсная радиопомехи?
4. Какое уравнение называют основным уравнением ЭМС?
5. Объясните механизм зашумления РЭС из-за спектра из- лучения РПдУ и частотной зависимости восприимчивости РПУ.
6. Расскажите о важнейших методах и способах обеспечения ЭМС работы РЭС на уровне отдельных устройств.
7. Приведите структурную схему РПУ РЛС и перечислите основные каналы прохождения радиопомех. Объясните необхо- димость использовать в РПУ несколько промежуточных каналов.
8. Расскажите об основных принципах и методах защиты

РЭС на системном и канальном уровнях.

1. Объясните механизм обеспечения ЭМС работы систем и средств РЭБ в составе комплексов РЭС.
2. Перечислите основные методы и способы обеспечения ЭМС работы РЭС различного назначения и базирования.

# Теоретические основы радиоэлектронной борьбы.

Содержание РЭБ: диалектическая сущность, основные тер- мины, определения и составляющие. Цели и задачи, решаемые средствами РЭБ: параметры и характеристики РЭС в составе комплексов РЭБ. Критерии и показатели эффективности работы РЭС и комплексов в условиях ведения РЭБ: информационные, энергетические, оперативно-тактические, военно-технические.

[1. с. 13-27; 2. с. 130-153]

# Методические указания:

Знать системы преднамеренного разрушения информации: их цели и задачи, а также методы радиоэлектронной разведки, маскировки и защиты собственных РЭС (охраны), обнаружения и подавления/уничтожения РЭС и объектов противника. Освоить основные показатели и военно-технические характеристики со- временных комплексов, систем и средств РЭБ. Уметь различать условия применения различных критериев и обоснованно оцени- вать эффективность действия любой РЭС и комплексов РЭБ.

# Вопросы для самопроверки:

1. Определите основные цели и задачи работы систем РЭБ.
2. Расскажите о важнейших положениях стратегии РЭБ/РЭП
3. Изложите принципы, методы и способы еѐ реализации.
4. Сформулируйте основные показатели, параметры и ха- рактеристики современных средств, систем и комплексов РЭБ.
5. Перечислите важнейшие для РЭБ технические характери- стики, свойства и параметры современных РЭС и объектов.
6. Какие основные функции выполняют комплексы РЭБ?
7. Приведите обобщенную структурную схему комплекса РЭБ и объясните назначение составляющих его средств/систем.
8. Какие оперативно-тактические, военно-технические, ин- формационные и энергетические задачи решают средства РЭБ.
9. Объясните критерии оценки эффективности средств РЭБ.
10. Как оценить эффективность действия комплекса РЭБ?

# Радиоразведка: средства радиоэлектронного наблюдения.

Радиоэлектронное наблюдение (РЭН) источников излуче- ния: оперативное и предварительное. Виды радиоэлектронных разведок: радиоразведка, радиотехническая разведка, радиолока- ционная разведка. Обнаружение, разрешение и измерение пара- метров излучений РЭС на основе систем РЭН частотного и/или временного анализа: сортировка и селекция, пеленгация, опреде- ление местоположения и скорости движения, распознавание ис- точников излучения. Показатели эффективности систем и ком- плексов радиоэлектронных разведок. Мониторинг: контроль гра- жданских РЭС различного базирования – его эффективность.

[1. с. 67-133; 2. c. 6-65; 3. с. 103-105]

# Методические указания:

Уметь формулировать задачи оперативного и предваритель- ного РЭН и выполнять спектральный анализ любого принятого сигнала. Знать особенности и последовательность действий: об- наружение, разрешение, распознавание и измерение параметров излучений, чтобы в режиме реального времени определять харак- теристики РЭС (несущие частоты, длительности и периоды по- вторения импульсов, дальности и угловые направления и т.д.), и воспроизведение сообщений средствами радиоэлектронных раз- ведок. Изучить основные методы разрешения и оценки парамет- ров сигналов при измерении дальности, угловых координат и ра- диальной скорости движения объекта, а также сортировки, селек- ции и распознавания РЭС. Представлять важнейшие технические

конфигурации средств, систем и комплексов радиоэлектронной разведки. Ознакомиться с основными видами опорных систем координат и методами определения местоположения объектов: дальномерным, пеленгационным, дальномерно-пеленгационным, разносно и суммарно-дальномерным, радиально-скоростным и траверсным. Освоить методы радиоэлектронной разведки для мо- ниторинга экологической обстановки и исследования природных ресурсов. Различать условия применения различных критериев и обоснованно оценивать эффективность любой системы РЭН.

# Вопросы для самопроверки:

1. Отличия задач оперативного и предварительного РЭН?
2. Перечислите основные виды радиоэлектронных разведок.
3. Назовите основные элементы разведывательного РПУ для РЭН и объясните их назначение и отличительные особенности.
4. Что такое первичная и вторичная обработка отраженных сигналов? Какую это дает дополнительную информацию?
5. Поясните особенности пространственной селекции по: – угловым координатам; – частоте отраженного сигнала; – времени.
6. Чем определяется диапазон однозначности при измерени- ях углов (направлений), расстояний и радиальной скорости?
7. Какие системы координат используют при определении местоположений объектов? Что такое геометрический фактор?
8. Как определить местоположение объекта позиционным методом? Что такое эллипсоид ошибок экстраполяции?
9. Объясните основные способы определения радиальной скорости движения неизвестных объектов: прямые и обратные.
10. В чем заключаются отличия эхо-сигналов пассивной ра- диопомехи и неподвижной или движущейся цели для РЭН?
11. Сформулируйте задачи оперативного мониторинга эко- логической обстановки и исследований природных ресурсов.
12. Объясните критерии оценки эффективности средств РЭН

# Средства радиоэлектронной защиты собственных РЭС.

Радиоэлектронная защита собственных РЭС и объектов. По-

вышение радиоэлектронной скрытности (маскировка) – основной метод защиты РЭС: скрытность факта присутствия и параметров еѐ излучения, т.е. энергетическая, структурная и информационная скрытность. Понятие о помехозащищенности как скрытности и помехоустойчивости РЭС. Основные методы скрытия объектов: снижение заметности в радиодиапазоне и создание помех средст- вам РЭН противника. Активное прикрытие РЭС. Назначение и классификация активных и пассивных ложных целей и ловушек. Количественные показатели скрытности. Защита от активного радиоэлектронного подавления РЭС: постановщиков помех и средств поражения, наводящихся на источники излучения/тепла. Технические методы и средства защиты от пассивных помех.

[1. с. 403-415,639-686; 2. с. 251-270,314-346; 3. с. 105-107,179-181]

# Методические указания:

Знать активные и пассивные методы защиты собственных РЭС различного базирования: скрытность факта их присутствия и параметров излучения (несущей частоты, длительности и периода повторения импульсов, расстояния и угловых направлений и т.д.) от средств РЭН на примере широкополосных сигналов. Разо- браться в технических методах снижения радиоэлектронной за- метности: использовании малоотражающих форм объектов; по- глощающих, интерференционных и др. покрытиях; применения дипольных отражателей и аэрозольных образований; ложных це- лей и радиолокационных ловушек. Представлять основные мето- ды активного радиоприкрытия РЭС. Понимать важнейшие спо- собы защиты РЭС от помехопостановщиков и средств пораже- ния, наводящихся на источники излучения/тепла. Помнить тех- нические методы и средства защиты от пассивных радиопомех.

# Вопросы для самопроверки:

1. Обоснуйте основные принципы и методы активной и пас- сивной защиты собственных РЭС различного базирования.
2. Расскажите об энергетической, структурной и информа-

ционной скрытности для повышения помехоустойчивости РЭС.

1. Объясните физические факторы, позволяющие скрыть присутствие и/или параметры излучения любой РЭС.
2. Перечислите активные и пассивные методы и способы противорадиолокационной маскировки различных объектов.
3. Что такое автокомпенсатор и как он подавляет активную радиопомеху, поставленную для конкретной РЭС?
4. Как работают поглощающие и интерференционные про- тиворадиолокационные покрытия объектов?
5. Когда применяют дипольные отражатели, аэрозольные образования и т.д.? Объясните механизм их действия.
6. Приведите основные методы и способы создания объек- тов «малоотражающей» для систем РЭН/РЭБ формы и материала.
7. Дайте классификацию видов ложных целей и ловушек.
8. Расскажите об основных методах и способах активного радиоприкрытия собственных РЭС и объектов.
9. Изложите важнейшие принципы и методы радиозащиты собственных РЭС от помехопостановщиков противника.
10. Объясните основные способы физической защиты РЭС от средств поражения, наводящихся на источники излучения.

# Подавление/уничтожение РЭС противника.

Радиоэлектронное подавление РЭС и объектов противника: сущность, основные задачи и классификация средств. Помеховое подавление РЭС: активные и пассивные радиоэлектронные поме- хи. Уравнение радиоэлектронного подавления для активной ра- диолокации. Зоны эффективного действия постановщиков актив- ных помех при различных приемах защиты объектов и способах создания помех. Силовые методы РЭБ: поражение РЭС ракетами, наводящимися на источники радиоизлучения; функциональное поражение РЭС и энергосистем электромагнитными полями и др. Специфика применения средств подавления**/**уничтожения для РЭС и объектов разного базирования. Технические методы защи- ты РЭС от силового поражения. Показатели эффективности каче- ства и критерии оценки систем радиоэлектронного подавления.

[1. с. 354-365, 416-605, 626-638; 2. с. 154-250; 3. с. 93-102]

# Методические указания:

Знать основные активные и пассивные методы подавления РЭС противника и классификацию используемых средств. Пони- мать технические решения при создании станций формирования помех с учетом влияния взаимного пространственного положе- ния подавляемого РЭС и помехопостановщика на энергетические соотношения. Помнить важнейшие физические методы и спосо- бы борьбы с пассивными (маскирующими, дезинформирующими, информационными, обнаружения и сопровождения объектов) и активными (генераторными, ретрансляционными и ответными) помехами. Представлять механизм электромагнитного поражение РЭС и энергосистем. Изучить специфику применения средств по- давления для РЭС различного базирования. Разобраться в техни- ческих методах защиты собственных РЭС от силового пораже- ния. Уметь обоснованно выбирать показатели эффективности ка- чества и критерии оценки систем радиоэлектронного подавления.

# Вопросы для самопроверки:

1. Дайте классификацию средств подавления РЭС и объектов.
2. Перечислите важнейшие методы и способы активного и пассивного помехового подавления РЭС противника.
3. Обоснуйте вывод уравнения радиоэлектронного подавле- ния для активной радиолокации и приведите основные следствия.
4. Как используют графит, поражая РЭС и энергосистемы?
5. Объясните механизм алгоритмического воздействия «ра- диовирусов» через каналы связи на РЭС и методы борьбы с ними.
6. Расскажите о базовых принципах и методах силового по- давления/уничтожения РЭС и объектов противника.
7. Какие физические принципы и виды средств поражения РЭС, наводящихся на источники излучения/тепла, используются?
8. Объясните механизмы ядерного/нейтронного и электро- магнитного поражение РЭС и энергосистем.
9. Приведите важнейшие физические факторы, обеспечи-

вающие уничтожение наземных, морских и воздушных РЭС.

1. В чем заключается специфика средств подавления РЭС космического, подводного и подземного базирования?

# Искажение/разрушение информации противника.

Понятие информационной войны и еѐ составляющие. Виды систем преднамеренного разрушения информации: применение основных положений теории информации и кодирования сигна- лов. Важнейшие виды глобальных, региональных и местных ин- формативных РЭС. Перспективы развития конфликтного инфор- мационного взаимодействия РЭС. Радиоэлектронная дезинфор- мация: проникновение в информационные сети и хранилища.

[1. с. 687-704; 2. с. 270-283; 3. с. 643-689]

# Методические указания:

«Информативная» война: цели, задачи и методы. Знать ос- новные виды систем преднамеренного разрушения информации. Ознакомиться с работой современных информативных РЭС и по- нимать важность решаемых ими задач. Изучить основные спосо- бы увеличения пропускной способности (сжатие информации, увеличение числа и уплотнение каналов связи) и виды защиты информации (модуляция, кодирование и шифрование) РЭС. Ра- зобраться в принципах построения систем массового обслужива- ния (МО) и понимать важность правильной организации шкалы единого времени для них в виде систем синхронизации работы комплексов РЭС. Комплексы радиоэлектронной разведки как системы МО. Знать методы и способы обеспечения радиоэлек- тронной дезинформации противника и защиты собственных РЭС.

# Вопросы для самопроверки:

1. Дайте стратегию многоэтапности современной войны.
2. Что такое информативная война? Дайте еѐ составляющие.
3. Перечислите основные виды систем преднамеренного

разрушения информации и их цели/объекты. Объясните: почему?

1. Назовите основные виды информативных систем МО и дайте характеристику их важнейшим составным частям.
2. Как повышают пропускную способность каналов связи и когда используют эти методы в современных радиосистемах МО?
3. Какие принципы и виды защиты информации в каналах связи и когда используют в современных радиосистемах МО?
4. Что называют многопозиционной РЭС? Какие виды сис- тем синхронизации работы комплексов МПРЭС Вы знаете?
5. Приведите основные принципы выстраивания локальных вычислительных сетей с учетом специфики работы МПРЭС.
6. Расскажите о специфике работы комплексов РЭН МО. Какие важнейшие виды средств РЭН МО Вы знаете?
7. Перечислите методы и способы обеспечения радиоэлек- тронной дезинформации противника и защиты собственных РЭС.

# Основные перспективы развития систем РЭБ.

Радиочастотный спектр и проблемы его оптимального ис- пользования. Особенности цифровой обработки сигналов и ком- пьютерное моделирование. Основы фрактального и Wavelet ана- лиза. Важнейшие тенденции развития современных универсаль- ных и многофункциональных РЭС и требования к системам РЭБ.

[1. с. 705-787; 2. с. 284-313; 3. с. 690-748]

# Методические указания:

Учитывая многофункциональность и универсальность со- временных РЭС, уметь обосновать работу конкретной системы РЭБ: выбрать рабочий диапазон частот и структуру сигналов, принципы работы и построения и др. показатели и характеристи- ки. Знать основные достоинства и недостатки цифровой обработ- ки сигналов и причины широкого использования цифровых РЭС в настоящее время. Освоить и применять математические пакеты программ «Mathcad» или «Matlab» для компьютерной обработки радиосигналов и расчетов РЭС. Понимать особенности использо-

вания фрактального и Wavelet анализа. Изучить методы повыше- ния качества действия систем и средств РЭБ/РЭП за счет их адап- тации к конкретным условиям работы и комплексирования.

# Вопросы для самопроверки:

1. Назовите особенности спектров сигналов, оптимальных для передачи информации, разрешения и точных измерений?
2. Как правильно выбрать вид рабочих волн и их диапазон для работы конкретной многофункциональной РЭС?
3. Для каких РЭС в качестве рабочего наиболее подходит метровый диапазон радиоволн? Объясните: почему?
4. Объясните выбор рабочего диапазона волн для подзем- ных; – подводных и – космических систем РЭБ.
5. Назовите и обоснуйте важнейшие достоинства и недос- татки цифровой обработки радиосигналов.
6. Определите основные этапы программы фрактального обнаружения объектов на любых изображениях.
7. Объясните специфику использования Wavelet анализа.
8. Расскажите об основных тенденциях развития современ- ных универсальных многофункциональных комплексов РЭС.
9. Перечислите важнейшие требования к современным мно- гофункциональным комплексам и системам РЭБ.
10. Что даѐт применение адаптации и комплексирования для работы РЭС и систем/средств РЭБ? Объясните: почему?

# ТИПОВОЙ РАСЧЕТ

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

По согласованию с преподавателем можно индивидуально выбрать любые специализированные радиосистемы управления, автоматики, дальнометрии (локации, навигации и позиционные),

электронной борьбы или иное эквивалентное задание по тематике своей будущей выпускной дипломной работы.

# Условия заданий типового расчета

По заданным тактическим параметрам радиосистемы произ- вести выбор и расчет еѐ важнейших технических характеристик:

* вид рабочего/зондирующего радиосигнала и его парамет- ры (длина волны, средняя и импульсная мощность, длительность, период следования, внутриимпульсная модуляция и т.д.);
* основные характеристики РПУ (полоса пропускания, чув- ствительность, динамический диапазон сигналов, промежуточ- ные частоты, регулировка усиления, уровень выходного сигнала, оценить величину потерь при обработке, элементная база и т.д.);
* основные характеристики антенной системы (тип антенны, еѐ основные размеры, ширина 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) и/или порогового устройства, вид кода при цифровом съеме информации и т.д.);
* вид устройства управления режимом работы системы (синхронизатор (таймер), синтезатор частот и т.д.).
* составить функциональную и структурную схемы всей системы и подробную структурную схему заданного устройства.

**Варианты Радиоэлектронных систем Чет.** «*Система радиоразведки*».

Диапазон рабочих частот от fн до fв. Сектор обзора Δβ×Δε. Разрешающая способность по частоте δf, по угловым координа- там – δβ = 3º и δε = 3º. Период обзора Тобз. Вероятность обнару- жения сигналов, имеющих ширину спектра не менее Δf, при от- ношении их спектральной плотности к спектральной плотности фонового излучения (для ненаправленной антенны) не менее N

должна быть не менее Рпо при вероятности ложного срабатывания

Рлт

= 10–6. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| fн, ГГц | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,8 | 2,8 | 9,5 | 0,3 | 0,1 |
| fв, ГГц | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 3,2 | 3,2 | 10,5 | 1,0 | 0,3 |
| Δβ, град | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 60 | 45 | 360 | 360 | 360 |
| Δε, град | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 20 | 15 | 90 | 90 | 90 |
| δf, МГц | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 5 | 10 | 5 | 1,0 | 0,5 |
| Тобз, с | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 |
| Рпо | 0,9 | 0,95 | 0,9 | 0,95 | 0,9 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,8 | 0,9 |
| Δf, МГц | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 0,1 | 0,1 |
| N | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| Схема | Приемник | | Антенна | | Индикатор | | | Порог. Устр. | | |

**Нечет.** «*Система радиопротиводействия*».

Расстояние между объектом защиты с отражающей поверх- ностью ζ и радиолокационными средствами со средней мощно- стью Р – не менее R, а между объектом защиты и системой ра- диопротиводействия R1. Диапазон частот от fн до fв. Вероятность прикрытия цели (пропуска) за временной интервал Тн – не менее 0,95. Исходные данные для расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| R, км | 50 | 60 | 70 | 80 | 100 | 50 | 60 | 70 | 80 | 100 |
| R1, км | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| fн, ГГц | 9,5 | 9,5 | 2,7 | 2,7 | 9,8 | 9,8 | 0,8 | 0,8 | 1,8 | 1,8 |
| fв, ГГц | 10,5 | 10,5 | 3,3 | 3,3 | 10,2 | 10,2 | 1,2 | 1,2 | 2,2 | 2,2 |
| ζ, м2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Р, кВт | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Тн, с | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 |
| Помеха | Широкополосная | | | Прицельная | | | Уводящая | | | |
| Схема | Передатчик | | | Приемник | | | Устр. управления | | | |

# Дополнительные варианты по следующей тематике:

* Международная глобальная космическая система спасе- ния КОСПАС/SARSAT и др. региональные.
* Глобальные космические навигационные системы ГНС/ GNS: – ГЛОНАСС (советская), NAVSTAR (американская – GPS), ГАЛИЛЕО (европейская), КОМПАС (китайская) и региональные.
* Системы региональной мобильной сотовой радиосвязи на базе: – DAMPS; – GSM; – DECT (Digital Enhanced Cordless Tele- communications); – CDMA (Code Division Multiple Access) и др.
* Локальные/региональные коллективные радиопозицион- ные системы (РПС): – воздушные; – морские; – железнодорож- ные; – автомобильные; – подземные и подводные и др. РПС.
* Системы охраны и контроля автомашин: а) автономные индивидуальные: − 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 многофункциональные системы на базе космических ГПС/GPS и др.
* Сделанные по технологии Stealth (СТЕЛС) и автономно управляемые беспилотные подвижные объекты спецназначения.
* Protected Communication System (stationary or mobile).

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТИПОВОГО РАСЧЕТА

Двумя главными задачами радиосистем являются: – обна- ружение неизвестных объектов/целей с помощью различных сиг- налов и определение местоположения и параметров движения этих объектов. Выполнение типового расчета следует начать с построения обобщенных функциональной и структурной схем полученной радиосистемы, учитывая особенности каждого вида и требования индивидуального задания, с обязательным указани- ем рабочих сигналов/параметров во всех линиях связи. При про-

ектировании 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, антеннам, 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.

# План изложения обязательного материала в типовом расчете.

* + 1. **Введение**

1. Анализ основных специализированных задач, стоящих перед заданной радиоэлектронной системой.
2. Анализ решений и принципов работы, используемых для данного вида систем с учетом поставленных задач.

# Основная часть

* + - 1. Обоснование и анализ построения выбранной РЭС 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 схемная реализация полученных решений.

# Заключение

1. Анализ основных радиотехнических недостатков, харак- терных для разработанной РЭС заданного типа.
2. Конструктивные предложения с конкретным обоснова- нием по устранению этих недостатков.

# 4. 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.

1. 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, подпись, число и фамилию преподавателя кафедры, заверившего это задание.
2. При выполнении работы по каждому пункту задания расчету отдельных величин искомых параметров должны пред- шествовать полные текст условия задания с исходными данны- ми и вывод расчетной формулы в общем виде с необходимыми пояснениями и ссылок на литературу. Заданные сравнение ре- зультатов, оценка погрешностей, полученные графики и выво- ды по каждому пункту работы должны быть представлены в от- чете четко и наглядно, а все необходимые графические работы следует выполнять строго по ГОСТу. В конце типового расчета приводится список используемой в нем литературы.

# 5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК: Основной

1. Куприянов А.И., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба

– Основы теории, М.: «Вузовская книга», 2011 г.

1. Бобнев М.П., Казаков В.Д. др. Основы теории радиоэлек- тронной борьбы/ Под ред. Н.Ф. Николенко, М.: Воениздат, 1987г.
2. Справочник «Радиоэлектронные системы» – Основы по- строения и теория / Под ред. Я.Д. Ширмана (изд. 2-е перерабо- танное и дополненное), М.: Радиотехника, 2007 г.

# Дополнительный

1. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба, М.: «Военное из- дательство», 1989 г.
2. Защита от радиопомех / Под ред. М.В. Максимова, М.: Советское Радио, 1976 г.
3. Егоров Е.И. и др. Использование радиочастотного спек-

тра и радиопомехи, М.: Радио и Связь, 1986 г.

1. Апорович А.Ф. Статистическая теория электромагнитной совместимости РЭС, Минск: «Наука и техника», 1984 г.
2. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / Составитель Дональд Р.Ж. Уайт в 3–х томах, М.: Советское Радио, 1977 ÷ 1979 гг.
3. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Сколника в 4–х томах, М.: Советское Радио, 1976 ÷ 1979 гг.
4. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радио- мониторинг– Задачи, методы, средства/Под ред. А.М. Рембовско- го (изд. 2-е переработанное и дополненное), М.: Телеком, 2010 г.
5. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы, Минск:

«Вышэйшая школа», 1988 г.

1. Справочник по радиоэлектронным системам / Под ред. Б.Х. Кривицкого в 2–х томах, М.: Энергия, 1979 г.
2. Нефедов В.И., Сигов А.С. Основы Радиоэлектроники и Связи / Под ред. В.И. Нефедова, М.: «Высшая школа», 2009 г.
3. Борзов А.Б., Быстров Р.П., Илясов Е.П., Потапов А.А., Соколов А.В., Титов А.Н. Радиотехнические и радиооптические системы / Под ред. Э.А. Засовина, М.: «Круглый год», 2001 г.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов, Спб.:

«БХВ-Петербург», 2011 г.

1. Андрианов В.И., Бородин В.А., Соколов А.В. «Шпион- ские штучки» и устройства для защиты объектов и информации, Спб.: «Лань», 1996 г.
2. Андрианов В.И., Соколов А.В. «Шпионские штучки 2» или как сберечь свои секреты, М.: «Полигон», 1997 г.
3. Каторин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В., Остапенко А.Н. «Антишпионские штучки», Спб.: «Полигон», 2000 г.
4. Справочная книга Радиолюбителя-конструктора / Под ред. Н.И. Чистякова, М.: Радио и Связь, 1990 г., МРБ № 1147
5. Ротхаммель К., Кришке А. Энциклопедия антенн. М.: ДМК-Пресс, 2011 г.

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение 3
2. Программа, методические указания и контрольные вопро- сы по дисциплине «Основы теории систем и комплексов радио- электронной борьбы» 4
3. Индивидуальное задание для типового расчета 16
4. Указания по выполнению типового расчета 19
5. Требования к оформлению типового расчета 20
6. Библиографический список 21
7. Содержание 23