

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального конструктора по  
программно-целевому развитию,  
директор научно-образовательного комплекса,

д.т.н., профессор

В.М. Балашов

«27»

2021 г.

Утверждена решением НТС  
№ 01-03/21 от 27.01.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
РАДИОЛОКАЦИЯ И РАДИОНАВИГАЦИЯ

**Укрупненная группа направлений подготовки и специальностей:** 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи

**Направление подготовки:** 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

**Направленность:** Радиолокация и радионавигация

**Уровень высшего образования:** Подготовка научно-педагогических кадров высшей квалификации в аспирантуре

**Квалификация:** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения:** Очная

СПб, 2021 г.

## **Аннотация**

Дисциплина «Радиолокация и радионавигация» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 программы подготовки аспирантов по направлению подготовки 11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи. Дисциплина реализуется Центром подготовки кадров высшей квалификации - аспирантурой АО «Научно-производственное предприятие «Радар мms».

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций аспиранта:

**универсальных:**

- готовность участвовать в работе российских исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (**УК-3**).

**общепрофессиональных:**

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (**ОПК-1**);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (**ОПК-3**);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (**ОПК-4**);

**профессиональных:**

- готовность применять перспективные методы исследования профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов (**ПК-1**);
- умение применять новые технологические процессы и промышленные технологии производства систем радиолокации и радионавигации (**ПК-2**);
- умение проводить разработку методик проектирования и оптимизации новых принципов и алгоритмов работы радиолокационных и радионавигационных систем, новых методов их проектирования и обеспечения надежности (**ПК-3**).

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическим и практическим освоением методологии и основ теории радиолокации, применяемых при проектировании радиолокационных систем и комплексов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа аспиранта.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: по окончании курса контроль в форме кандидатского экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Программой дисциплины предусмотрены 30 лекционных часов, 18 часов практических занятий, 36 часов самостоятельной работы аспиранта, 24 часа на подготовку к кандидатскому экзамену.

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

### **1.1 Цели и задачи освоения дисциплины**

Целью дисциплины является обеспечение прочных знания методов радиолокации, основных положений статистической теории радиолокации, методов дальномерии, пеленгации, измерения радиальной скорости цели и угловой скорости линии визирования, а также вторичной обработки радиолокационной информации; выявление взаимосвязи тактических и технических характеристик РЛС; знакомство с тенденциями развития теории радиолокации и радионавигации и с перспективами создания новых образцов радиолокационных и радионавигационных средств.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи дисциплины:

- изучение принципов и методов радиолокации;
- изучение рассеивающих свойств объектов;
- изучение методов построения радиолокационных устройств и систем;
- изучение зависимостей основных тактических характеристик РЛС от их технических характеристик;
- изучение методов моделирования сигналов и помех при комплексном описании входных радиосигналов и помех.

### **1.2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**знать:**

- физические основы и методы функционирования радиолокационных и радионавигационных устройств и систем;
- характеристики объектов радиолокации;
- методы обнаружения радиосигналов на фоне шумов и помех;
- методы измерения параметров движения объектов в радиолокации и в радионавигации;
- основные алгоритмы обработки радиосигналов и соответствующие им структурные схемы устройств;
- современные методы анализа радиотехнических сигналов и систем в целом;
- методы борьбы с помехами в радиолокации и радионавигации;
- основные критерии оценки эффективности методов и алгоритмов имитационного моделирования.

**уметь:**

- рассчитывать технические характеристики и параметры радиолокационных и

радионавигационных устройств и систем;

- осуществлять анализ радиотехнических сигналов и систем с использованием современных методов анализа;
- разрабатывать имитационные модели реальных радиотехнических систем и оценивать их адекватность;
- предлагать и обосновывать технические решения, обеспечивающие повышение эффективности решения задач имитационного и полунатурного моделирования радиотехнических сигналов и систем;

**владеть:**

- методологией использования аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов;
- методами излучения и приема радиолокационных сигналов при наличии аддитивных шумовых помех;
- навыками проектирования цифровых систем формирования и обработки радиолокационных сигналов в зависимости от требований, предъявляемых к функционированию радиолокационных систем и комплексов;
- методиками расчета основных характеристик радиолокационных систем и комплексов.

В процессе освоения дисциплины у аспирантов должны сформироваться следующие компетенции:

**универсальные:**

- готовность участвовать в работе российских исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (**УК-3**).

**общепрофессиональные:**

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (**ОПК-1**);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (**ОПК-3**);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (**ОПК-4**);

**профессиональные:**

- готовность применять перспективные методы исследования профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов (**ПК-1**);
- умение применять новые технологические процессы и промышленные технологии

*производства систем радиолокации и радионавигации (ПК-2);*

*- умение проводить разработку методик проектирования и оптимизации новых принципов и алгоритмов работы радиолокационных и радионавигационных систем, новых методов их проектирования и обеспечения надежности (ПК-3).*

В результате изучения дисциплины студент осваивает следующие профессиональные компетенции, представленные в **Таблице 1**.

**Таблица 1** Профессиональные компетенции, приобретаемые при изучении дисциплины

| Компетенция   | Код  | Основные признаки освоения<br>(показатели достижения результата)   | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции                             |
|---|------|--|---|
| готовность применять перспективные методы исследования профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов                                 | ПК-1 | знает современные методы анализа и проектирования сложных радиолокационных систем и радионавигационных комплексов; умеет применять на практике перспективные методы проектирования и оптимизации систем радиолокации и радионавигации  | <u>Лекции,</u><br><u>практические</u><br><u>занятия, са-</u><br><u>мостоятельная ра-</u><br><u>бота</u> |
| умение применять новые технологические процессы и промышленные технологии производства систем радиолокации и радионавигации   | ПК-2 | знает промышленные технологии, новые технологические процессы изготовления и испытания радиотехнических систем<br>умеет применять технологические методы и процессы при решении актуальных отраслевых задач  | <u>Лекции,</u><br><u>практические</u><br><u>занятия, са-</u><br><u>мостоятельная ра-</u><br><u>бота</u> |
| умение проводить разработку методик проектирования и оптимизации новых принципов и алгоритмов работы радиолокационных и радионавигационных систем, новых методов их проектирования и обеспечения надежности | ПК-3 | знает методы анализа и синтеза, оптимизации, технологии изготовления, обеспечения надежности для передачи, приема, извлечения и разрушения информации в средствах радиолокации, радионавигации и радиоуправления;<br>умеет применять современные методы передачи, приема, извлечения и разрушения информации в средствах радиолокации, радионавигации и радиоуправления на практике в соответствии с выбранными критериями | <u>Лекции,</u><br><u>практические</u><br><u>занятия, са-</u><br><u>мостоятельная ра-</u><br><u>бота</u> |

## **2. Место дисциплины в структуре ООП.**

Дисциплина «Радиолокация и радионавигация» является обязательной дисциплиной Блока 1 программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 11.06.01 - Радиотехника, электроника и системы связи.

Для её успешного усвоения необходимы знания базовых понятий физики, электродинамики и распространения радиоволн, метрологии и радиоизмерений, компьютерного проектирования и моделирования РЭС, информатики, программирования, математического анализа, вычислительной математики.

Компетенции, полученные при изучении материала данной дисциплины, направлены для

использования при проведении цифрового моделирования РТС любой сложности, создании цифровых моделей радиотехнических устройств и систем и умения применять полученные знания для использования вычислительной техники и измерительных приборов при исследовании и эксплуатации радиолокационных устройств и систем.

### **3. Объем дисциплины**

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этих трудоемкостей по семестрам) представлены в **Таблице 2.**

**Таблица 2. Объем и трудоемкость дисциплины**

| Вид учебной работы   | Направление 11.06.01,<br>форма обучения - очная |                              |
|--|---|------------------------------|
|  | Всего   | Трудоемкость по<br>семестрам |
|  |   | 7 семестр                    |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>                       | <b>3/108</b>                                    | 3/108                        |
| <i>Аудиторные занятия, всего час.</i>                                | <b>48</b>                                       | 48                           |
| в том числе:<br>Лекции (Л), (час)                                    | <b>30</b>                                       | 30                           |
| <i>Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)</i>                  | <b>18</b>                                       | 18                           |
| Лабораторные работы (ЛР), (час)                                      | Не<br>предусмотрено                             | Не предусмотрено             |
| <i>Самостоятельная работа, всего (час)</i>                           | <b>36</b>                                       | 36                           |
| <br><b>Вид итогового контроля:</b> экзамен кандидатского<br>минимума | <b>24</b>                                       | 24                           |

### **4. Содержание дисциплины**

#### **4.1. Содержание разделов дисциплины**

**Раздел 1. Принципы построения радиолокационных систем и комплексов.** Области применения и задачи радиолокации. Виды радиолокации. Обзор пространства. Виды обзора, зона обзора и время обзора. Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния. Модели реальных точечных и протяженных целей. Наблюдаемость точечных целей на фоне протяженных (радиолокационный контраст). Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.

Виды радиолокационной информации и способы их получения. Радиолокационные цели: сосредоточенные, распределенные и объемно-распределенные и поверхностно-распределенные. Энергетические соотношения в радиолокации. Однопозиционные, бистатические и многопозиционные системы. Типовая блок-схема РЛС и состав аппаратуры РЛС. Характеристики сигналов РЛС.

Статистический подход к синтезу оптимальных алгоритмов обнаружения, измерения координат, параметров движения и распознавания объектов. Расчеты характеристик обнаружения и потенциальной точности определения координат параметров движения.

**Структуры обнаружителей.** Обнаружители пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов на фоне шума и коррелированных помех. Цифровые обнаружители. Знаковые, ранговые, робастные и адаптивные обнаружители. Методы стабилизации уровня ложных тревог. Пороговая мощность радиолокационного сигнала (**УК-3, ОПК-1, ОПК-4, ПК-1**).

**Раздел 2. Методы измерения дальности и скорости.** Методы и алгоритмы измерения дальности. Потенциальная и реальная точность измерения дальности, выбор оптимальной формы зондирующего сигнала. Импульсный, частотный и фазовый радиодальномеры. Пределы однозначного отсчета, точность и разрешающая радиодальномера. Выбор оптимальной формы зондирующего сигнала в задачах измерения дальности. Особенности работы радиодальномеров в бортовых и стационарных наземных комплексах. Автосопровождение по дальности. Фазовые, частотные и импульсные дальномеры. Радиодальномеры со сложными сигналами. Пределы однозначного измерения, разрешающая способность и точность радиодальномеров.

Методы измерения радиальной и тангенциальной скорости. Потенциальная и реальная точность измерения скорости, пределы однозначного отсчета скорости, разрешающая способность. Амплитудные и фазовые одноканальные пеленгаторы. Амплитудные, фазовые и суммарно-разностные моноимпульсные пеленгаторы. Выбор оптимальной формы зондирующего сигнала в задачах измерения скорости. Радиоизмерители скорости активных и пассивных объектов. Автосопровождение целей по скорости (**УК-3, ОПК-3, ПК-2, ПК-3**).

**Раздел 3. Методы обзора пространства и измерения угловых координат.** Основные характеристики обзорных систем. Методы и алгоритмы измерения угловых координат. Одномерный последовательный обзор пространства и определение угловых по центру пачки. Потенциальная и реальная точность измерения угловых координат. Амплитудные, фазовые и корреляционно-фазовые радиопеленгаторы. Моноимпульсные радиопеленгаторы. Радиоинтерферометры. Автосопровождение целей по угловым координатам. Пределы однозначного отсчета, точность и разрешающая способность радиоизмерителей угловых координат различного типа. Картографирование поверхности с высокой разрешающей способностью с борта летательных и космических аппаратов методом синтезирования апертуры антенны и обнаружение малоразмерных объектов на фоне земной поверхности. Радиолокационные комплексы обзора пространства и определения угловых координат (**УК-1, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-3**).

**Раздел 4. Методы и точность определения местоположения объектов.** Методы решения навигационных задач. Определение координат объектов на плоскости и пространстве. Позиционные методы определения местоположения. Линии и поверхности положения. Характеристики точности определения местоположения на плоскости и в пространстве. Погрешности измерения положения. Плотность распределения вероятностей ошибок измерения. Геометрический фактор. Рабочие зоны позиционных радионавигационных систем. Определение координат объектов на плоскости и пространстве. Дальномерный метод. Псевдодальномерный

метод. Разностно-дальномерный метод. Радиально-скоростной (доплеровский) метод. Псевдорадиально-скоростной метод. Комбинированные методы. Автономные системы радионавигации: радиовысотомеры, доплеровские измерители скорости и угла сноса (ДИСС), корреляционно-экстремальные системы навигации на базе РСА (радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны). Точность определения местоположения летательных аппаратов с помощью автономных систем (**УК-3, ОПК-1, ОПК-2, ПК-3, ПК-4**).

**Раздел 5. Принципы построения и основные характеристики радионавигационных систем.** Принципы построения радионавигационных систем различного назначения. Методы радиоуправления в радионавигации. Элементы теории автоматического управления объектами. Контур следящего управления и его основные звенья.

Тактико-технические характеристики радионавигационных систем. Выбор диапазона радиоволн для различных систем радионавигации. Энергетические соотношения в радионавигационных системах. Влияние атмосферы на точность измерений и облик радионавигационной системы. Построение, пределы однозначного отсчета, точность и методы устранения неоднозначности определения местоположения в системах дальней навигации, ближней навигации и посадки летательных аппаратов.

Особенности радиосигналов, используемых в радионавигационных системах различного назначения. Синхронизация шкал времени опорных передающих станций и шкал аппаратуры потребителя. Спутниковые радионавигационные системы, особенности их построения. Методы определения местоположения потребителя по сигналам спутников. Основные составляющие погрешности определения местоположения при использовании сигналов спутников. Дифференциальные режимы спутниковых радионавигационных систем.

Цифровые методы обработки сигналов. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Методы синтеза алгоритмов и устройств цифровой обработки сигналов. Цифровая фильтрация и цифровые фильтры. Ошибки квантования и округления. Методы расчета цифровых фильтров. Коэффициент передачи и импульсная характеристика цифровых фильтров. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.

Вторичная обработка радиолокационной информации. Обнаружение и сопровождение траекторий. Калмановская фильтрация траекторий. Многопозиционная радиолокация (**УК-3, ОПК-1, ОПК-3, ПК-3**).

**Раздел 6. Борьба с активными и пассивными помехами. Перспективы развития теории и техники радиолокационных и радионавигационных систем.** Методы борьбы с активными и пассивными помехами. Методы и средства разрушения информации. Генераторы активных помех. Виды активных помех: заградительные, прицельные, ответные и имитационные.

**Радиоэлектронная маскировка.** Характеристики качества радиомаскировки. Скрытность и незаметность. Общие методы маскировки объектов и уменьшения радиоконтраста РЭС. Использование широкополосных (ШПС) и сверхширокополосных сигналов (СШПС). Маскировка с помощью пассивных помех.

**Основные организационные методы помехозащиты.** Изменение параметров радиосигнала в процессе работы, борьба с помехами с помощью устройств селекции радиосигналов.

**Защита РЭС от воздействия средств поражения.** Эффективность средств РЭБ. Расчет характеристик радиолокационных систем с системами селекции движущихся целей (СДЦ).

**История развития радиолокационных и радионавигационных систем.** Перспективы развития и совершенствования теории и техники радиолокационных и радионавигационных систем различного назначения. Улучшение распознавания объектов, методов радиовидения с использованием сверхширокополосных сигналов, антенн с синтезированной апертурой, новых диапазонов радиоволн и многодиапазонных активных фазированных антенных решеток.

**Трехмерное картографирование поверхности** с использованием космических бортовых радиоинтерферометров РСА. Радиолокационные системы подповерхностного зондирования (георадары). Совершенствование радионавигационных систем спутниковых систем для глобального решения всех задач навигации вплоть до обеспечения посадки летательных аппаратов с использованием сигналов спутников. Развитие радионавигации по рельефу местности и другим радиофизическим полям Земли.

**Проектирование перспективных радиолокационных устройств** с учетом авторских прав (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ПК-3, ПК-5).

**Раздел 7. Статистическая теория обработки сигналов в радиотехнических системах.** Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры.

Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов. Энергетические характеристики случайных процессов. Моментные и корреляционные функции. Спектральная плотность. Свойства корреляционных функций. Теорема Винера-Хинчина. Стационарность и эргодичность случайных процессов. Автокорреляционные и взаимные корреляционные функции. Непрерывность и дифференцируемость случайных процессов. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому. Импульсные и точечные случайные процессы. Марковские процессы. Узкополосные случайные процессы. Статистические характеристики огибающей, фазы и их производных для суммы сигнала и узкополосного шума. Выбросы случайных процессов.

**Критерии и решающие правила оптимального обнаружения:** критерий Байеса, минимаксный

критерий, критерий Неймана-Пирсона, критерий Вальда и др. Показатели качества обнаружения сигналов. Методы синтеза оптимальных обнаружителей. Корреляционная, фильтровая и корреляционно-фильтровая обработка сигналов. Обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов, в том числе и многоканальное, на фоне гауссовых коррелированных помех. Обеляющие фильтры. Обнаружение сигналов в негауссовых помехах.

Обнаружение пространственно-временных сигналов, многоканальная схема обработки. Условия разделения пространственно-временной обработки на раздельные пространственную и временную. Пространственный фильтр и коррелятор. Реализация пространственных фильтров и корреляторов с помощью ФАР (**ОПК-3, ОПК-4, ПК-1, ПК-2**).

**Раздел 8. Излучение, распространение и прием радиоволн. Устройства генерирования и формирования сигналов.** Уравнения Максвелла. Границные условия. Энергия электромагнитного поля. Свободные электромагнитные волны и решение однородных уравнений электродинамики. Плоские волны на границе раздела однородных сред. Рефракция радиоволн в неоднородных средах. Решение электродинамической задачи рассеяния радиоволн на телах заданной формы. Распространение радиоволн в природных условиях. Явления дифракции и интерференции.

Канализация радиоволн. Волноводы и фидеры. Теория цепей СВЧ. Электромагнитные резонаторы. Взаимные и невзаимные устройства СВЧ.

Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики. Влияние вида распределения электромагнитного поля в раскрыте антены на основные параметры антенн. Техническая реализация антенн в различных диапазонах радиоволн.

Генераторы и автогенераторы в РЛС и РНС. Режимы самовозбуждения, их особенности. Стабильность частоты и методы ее повышения. Стабилизация с помощью высокодобротных колебательных систем (резонаторов). Кварцевые генераторы. Квантовые эталоны частоты. Умножители частоты. Синтезаторы частот. Факторы, ограничивающие мощность генераторов. Суммирование мощностей генераторов. Управление колебаниями (модуляция) в РЛС и РНС. Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции). Генерация и усиление СВЧ колебаний. Основные типы генераторов и усилителей СВЧ в РЛС и РНС.

Основные типы радиоприемных устройств в РЛС и РНС. Узлы радиоприемников, их схемные решения и расчет. Преобразователи частоты сигналов, смесители и гетеродины. Частотный план радиоприемника. Детекторы сигналов: амплитудные, частотные и фазовые. Усилители различных частотных диапазонов. Автоматические регулировки в радиоприемниках. Элементная база радиоприемных устройств. Методы проектирования радиоприемников. Моделирование радиоприемников и их элементов. Вторичные источники электропитания (**УК-3, ОПК-4, ПК-3**).

## 4.2. Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения

Таблица 3. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

| Название раздела/темы   | Аудиторная работа (час) |                   |                  | СРА<br>(час) | Промеж.<br>контроль. | Итого |
|---|-------------------------|-------------------|------------------|--------------|----------------------|-------|
|   | Лекции                  | Практ.<br>занятия | Лаб.<br>зан.     |              |                      |       |
| 1. Принципы построения радиолокационных систем и комплексов   | 6                       | 2                 | не предусмотрено | 6            |                      | 14    |
| 2. Методы измерения дальности и скорости  | 4                       | 2                 |                  | 6            |                      | 12    |
| 3. Методы обзора пространства и измерения угловых координат   | 4                       | 2                 |                  | 4            |                      | 10    |
| 4. Методы и точность определения местоположения объектов. Методы решения навигационных задач                                    | 4                       | 4                 |                  | 2            |                      | 10    |
| 5. Принципы построения и основные характеристики радионавигационных систем  | 4                       | 2                 |                  | 6            |                      | 12    |
| 6. Борьба с активными и пассивными помехами. Перспективы развития теории и техники радиолокационных и радионавигационных систем | 2                       | 2                 |                  | 4            |                      | 8     |
| 7. Статистическая теория обработки сигналов в радиотехнических системах   | 2                       | 2                 |                  | 2            |                      | 6     |
| 8. Излучение, распространение и прием радиоволн. Устройства генерирования и формирования сигналов.                              | 4                       | 2                 |                  | 6            |                      | 12    |
| Кандидатский экзамен  |                         |                   |                  |              | 24                   | 24    |
| Итого   | 30                      | 18                |                  | 36           |                      | 108   |

## 4.3 Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий приведены в Таблице 4.

Таблица 4. Темы практических занятий

| №<br>п/п  | Наименование практических заданий   | Трудоемкость,<br>(час) | Номер раздела<br>дисциплины |
|-----------|---|------------------------|-----------------------------|
| Семестр 7 |   |                        |                             |
| 1         | Исследование основных энергетических соотношений в радиолокации и радионавигации. | 2                      | Раздел 1                    |

|   |   |    |          |
|---|---|----|----------|
| 2 | Проблема однозначности измерения координат, точности и разрешающей способности по дальности и скорости.   | 2  | Раздел 1 |
| 3 | Выбор оптимальной формы зондирующих сигналов в оптимальных измерителях дальности и скорости.  | 2  | Раздел 2 |
| 4 | Методы и алгоритмы измерения угловых координат объектов. Особенности реализации моноимпульсных, фазовых, корреляционно-фазовых пеленгаторов.  | 4  | Раздел 3 |
| 5 | Картографирование поверхности с высокой разрешающей способностью с борта летательных и космических аппаратов методом синтезирования апертуры антенны и обнаружение малоразмерных объектов на фоне земной поверхности. | 4  | Раздел 4 |
| 6 | Позиционные методы определения местоположения, характеристики точности определения местоположения. Геометрический фактор.   | 2  | Раздел 5 |
| 7 | Особенности радиосигналов, используемых в радионавигационных системах различного назначения. Спутниковые радионавигационные системы, особенности их построения.   | 2  | Раздел 6 |
|   | Всего:  | 18 |          |

**4.4 Лабораторные занятия не предусмотрено**

**4.5 Курсовое проектирование (работа) не предусмотрено**

**4.6 Самостоятельная работа аспирантов**

**Таблица 5. Самостоятельная работа аспирантов**

| Вид самостоятельной работы                        | Всего, час | Семестр 7, час   |
|---|------------|------------------|
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 36         | 36               |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  |            | не предусмотрено |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                |            | не предусмотрено |
| Выполнение реферата (Р)                           |            | не предусмотрено |
| Подготовка к кандидатскому экзамену (час)         | 24         | 24               |

#### **4.7 Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине**

- Области применения и задачи радиолокации.
- Физические основы радиолокации.
- Типовая блок-схема РЛС и состав аппаратуры РЛС.
- Характеристики сигналов РЛС.

- Виды радиолокационной информации и способы их получения.
- Определение моделирования, способы и уровни моделирования.
- Активные помехи естественного и искусственного происхождения.
- Сигналы, используемые в радиолокации, навигации и связи.
- Тактико-технические характеристики радионавигационных систем.
- Особенности радиосигналов, используемых в радионавигационных системах различного назначения.
- Цифровые методы обработки сигналов.
- Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода.
- Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.
- Вторичная обработка радиолокационной информации.
- Методы борьбы с активными и пассивными помехами.
- Методы маскировки объектов и уменьшения радиоконтраста РЭС.
- Улучшение распознавания объектов, методов радиовидения с использованием сверхшироко-полосных сигналов.
- Развитие радионавигации по рельефу местности и другим радиофизическим полям Земли.

#### Цифровые обнаружители.

- Цифровая фильтрация и цифровые фильтры.
- Амплитудные и фазовые одноканальные пеленгаторы.
- Выбор оптимальной формы зондирующего сигнала в задачах измерения скорости.
- Основные характеристики обзорных систем.
- Радиолокационные комплексы обзора пространства и определения угловых координат.

#### Позиционные методы определения местоположения.

- Автономные системы радионавигации.
- Элементы теории автоматического управления объектами.
- Основы цифровой обработки сигналов.
- Спутниковые радионавигационные системы, особенности их построения.
- Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики.
- Техническая реализация антенн в различных диапазонах радиоволн.
- Усилители различных частотных диапазонов.

### **5. Фонд оценочных средств для проведения аттестации обучающихся по дисциплине**

В зависимости от видов промежуточной аттестации при изучении дисциплины предусматриваются следующие перечни оценочных средств, приведенных в **Таблице 6**.

**Таблица 6. Фонд оценочных средств**

| <b>Вид промежуточной аттестации</b> | <b>Перечень оценочных средств</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Кандидатский экзамен                | Список вопросов.                  |

**5.1. Примерный перечень вопросов к кандидатскому экзамену**

1. Области применения и задачи радиолокации. Виды радиолокации.
2. Физические основы радиолокации. Эффективная площадь рассеяния (ЭПР) целей. Поляризационная матрица рассеяния.
3. Дальность действия РЛС. Влияние атмосферы и подстилающей поверхности на дальность действия РЛС.
4. Типовая блок-схема РЛС и состав аппаратуры РЛС. Характеристики сигналов РЛС.
5. Расчеты характеристик обнаружения и потенциальной точности определения координат параметров движения.
6. Структуры обнаружителей. Обнаружители пачек когерентных и некогерентных радиоимпульсов на фоне шума и коррелированных помех. Цифровые обнаружители.
7. Методы и алгоритмы измерения дальности. Потенциальная и реальная точность измерения дальности, выбор оптимальной формы зондирующего сигнала.
8. Выбор оптимальной формы зондирующего сигнала в задачах измерения дальности. Особенности работы радиодальномеров в бортовых и стационарных наземных комплексах.
9. Фазовые, частотные и импульсные дальномеры. Радиодальномеры со сложными сигналами.
10. Методы измерения радиальной и тангенциальной скорости. Потенциальная и реальная точность измерения скорости, пределы однозначного отсчета скорости, разрешающая способность.
11. Радиоизмерители скорости активных и пассивных объектов. Автосопровождение целей по скорости.
12. Методы и алгоритмы измерения угловых координат. Одномерный последовательный обзор пространства и определение угловых координат по центру пачки.
13. Автосопровождение целей по угловым координатам. Пределы однозначного отсчета, точность и разрешающая способность радиоизмерителей угловых координат различного типа.
14. Характеристики точности определения местоположения на плоскости и в пространстве. Погрешности измерения положения.
15. Дальномерный метод. Псевдодальномерный метод. Разностно-дальномерный метод. Радиально-скоростной (доплеровский) метод. Псевдорадиально-скоростной метод. Комбинированные методы.
16. Автономные системы радионавигации: радиовысотомеры, доплеровские измерители скорости и угла сноса (ДИСС), корреляционно-экстремальные системы навигации на базе РСА (радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны).

17. Принципы построения радионавигационных систем различного назначения. Методы радиоуправления в радионавигации.
18. Выбор диапазона радиоволн для различных систем радионавигации. Энергетические соотношения в радионавигационных системах.
19. Особенности радиосигналов, используемых в радионавигационных системах различного назначения. Синхронизация шкал времени опорных передающих станций и шкал аппаратуры потребителя.
20. Цифровые методы обработки сигналов. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню.
21. Цифровые методы обработки сигналов. Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню.
22. Цифровая фильтрация во временной и частотной областях. Цифровой спектральный анализ. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая обработка многомерных сигналов и изображений.
23. Вторичная обработка радиолокационной информации. Обнаружение и сопровождение траекторий. Калмановская фильтрация траекторий. Многопозиционная радиолокация.
24. Радиоэлектронная маскировка. Характеристики качества радиомаскировки. Скрытность и незаметность. Общие методы маскировки объектов и уменьшения радиоконтраста РЭС.
25. Защита РЭС от воздействия средств поражения. Эффективность средств РЭБ.
26. Трехмерное картографирование поверхности с использованием космических бортовых радиоинтерферометров РСА. Радиолокационные системы подповерхностного зондирования (георадары).
27. Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов.
28. Интегрирование случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его характеристики. Процессы близкие к гауссовскому.
29. Обнаружение пространственно-временных сигналов, многоканальная схема обработки. Условия разделения пространственно-временной обработки на раздельные пространственную и временную. Пространственный фильтр и коррелятор.
30. Уравнения Максвелла. Граничные условия.
31. Теория цепей СВЧ. Электромагнитные резонаторы. Взаимные и невзаимные устройства СВЧ.
32. Управление колебаниями (модуляция) в РЛС и РНС. Основы теории линейной и нелинейной модуляции (манипуляции).
33. Генерация и усиление СВЧ колебаний. Основные типы генераторов и усилителей СВЧ в РЛС и РНС.

## **5.2. Критерии оценки знаний, умений и навыков при сдаче кандидатского экзамена**

Критерии оценки знаний, умений и навыков при сдаче кандидатского экзамена представлены в **Таблице 7.**

**Таблица 7. Критерии оценки знаний**

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>«Отлично»</b>             | Продемонстрированы глубокие, исчерпывающие или знания материала дисциплины, соответствующие требованиям содержания программы кандидатского экзамена, показаны профессиональные компетенции, соответствующие профилю подготовки, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, даны логически последовательные, правильные, полные ответы на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы.                            |
| <b>«Хорошо»</b>              | Продемонстрированы твёрдые и достаточно полные знания материала дисциплины, соответствующие требованиям содержания программы кандидатского экзамена, показаны профессиональные компетенции, соответствующие профилю подготовки. В целом - правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, даны последовательные, правильные ответы на поставленные вопросы, но в ответах были допущены единичные несущественные неточности. |
| <b>«Удовлетворительно»</b>   | Продемонстрированы знания и понимание основных вопросов дисциплины, соответствующие требованиям содержания программы кандидатского экзамена, показаны достаточные профессиональные компетенции, соответствующие профилю подготовки, даны по существу правильные ответы на все вопросы экзаменационного билета, без грубых ошибок, но при ответах на отдельные вопросы были допущены существенные неточности.   |
| <b>«Неудовлетворительно»</b> | Не дано ответа или дан неправильный ответ хотя бы на один вопрос экзаменационного билета, продемонстрировано непонимание сущности предложенных вопросов, допущены грубые ошибки при ответах на другие вопросы, профессиональные компетенции отсутствуют полностью или частично.  |

## **6. Перечень основной и дополнительной литературы**

### ***Основная литература (локальная сеть Предприятия)***

1. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов.- 5-е изд., перераб. и доп. -М.: Радио и связь, 1994.
2. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ.-М.: Высш. шк., 1990.

3. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов./ Под ред. Воскресенского Д.И.-М.: Издательство МАИ, 1999.
4. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов .-М: «ИПРЖР» 2004.
5. Сетевые спутниковые радионавигационные системы./ Под ред. Шабшаевича В.С.-М.: Радио и связь, 1993.
6. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. -М.: Радио и связь., 1993.
7. Цветнов В.В. Демин В.П., Куприянов А.И. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. -М.: Издательство МАИ, 1998.
8. Бакулов П.А. Радиолокационные системы. -Учебник для вузов. «Радиотехника», 2004.

***Дополнительная литература (локальная сеть Предприятия)***

1. Самойленко В.И., Пузырев В.А., Грубин И.В. Техническая кибернетика: Учеб. пособие для вузов. -М: Издательство МАИ, 1994.
2. Радиотехнические системы: Учебник для вузов./ Под ред. Казаринова Ю.М.-М.: Высш. шк., 1990.
3. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей.: Пер. с англ. -М.: Радио и связь, 1993.
4. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория.: Справочник./ Под ред. Ширмана Я.Д.-М.: ЗАО «МАКВИС», 1998.
5. Демин В.П., Куприянов А.И., Цветнов В.В. Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита. -М.: Издательство МАИ, 1999.
6. Спутниковая связь и вещание/ Под ред. Кантора Л.Я. Справочное издание.-М.: Радио и связь, 1997.
7. Окунев Ю.Б. Цифровая передача информации фазоманипулированными сигналами. -М.: Радио и связь, 1991.23. Цифровые процессоры обработки сигналов.: Справочник. / Под ред. Остапенко А.Г.. -М.: Радио и связь, 1994.
8. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. - Киев: Издательство ВЦ, 2000.
9. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. Учебное пособие.-М.: Радиотехника, 2003.
10. Перунов Ю.М., Фомичев К.И., Юдин Л.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием./Под ред. Ю.М. Перунова.,-М: Радиотехника. 2003.
11. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В.С. Шебшаевич, П.П. Дмитриев, Н.В. Иванцевич и др.: Под ред. В.С. Шебшаевича. - М.: Радио и связь, 1993. - 408 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины**

1. Радиоэлектроника для студентов <http://radiotech-student.ru/>
2. Evolutionary Computation Journal. <http://www.mitpressjournals.org/loi/evco/>
3. Neural Networks Research Group. <http://nn.cs.utexas.edu/>
4. Evolutionary Complexity Research Group (EPlex): <http://eplex.cs.ucf.edu/>
5. Издательство «Радиотехника» <http://www.radiotec.ru/>

## **8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

- 1) Предметная аудитория, оснащена мультимедийным проектором и экраном, ПК преподавателя - 1 шт.
- 2) Персональные компьютеры (15 шт.), локальная сеть, компьютер с выходом в Интернет - 1 шт.
- 3) Microsoft Windows (№ СTP - 20/01/10 от 20.01.2010)
- 4) Microsoft Office (№ СTP 20/01/10 от 20.01.2010)