

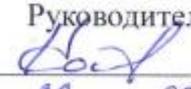
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»

КАФЕДРА «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

«СОГЛАСОВАНО»  
Директор ИМиА  
 / Бодров О.А.  
«26» 06 20 20 г

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор РОПиМД  
 / Корячко А.В.  
«26» 06 20 20 г

Руководитель ОПОП ВО  
 / Кошелев В.И.  
«26» 06 20 20 г



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.01 «Многофункциональные радиолокационные системы»**

Направление подготовки 11.04.01 – «Радиотехника»

ОПОП 1 – Радиотехнические системы локации, навигации и  
радиоэлектронной борьбы

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная, очно-заочная

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.01 «РАДИОТЕХНИКА» академической магистратуры утвержденного за № 925 от 19.09.2017

Разработчик проф. Попов Д.И.

\_\_\_\_\_ Д.И. Попов

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

2020 г., протокол № .

Заведующий кафедрой радиотехнических систем

\_\_\_\_\_ В.И. Кошелев

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** формирование знаний, навыков и умений, позволяющих осуществлять системное проектирование многофункциональных радиолокационных систем (МРЛС) и цифровых устройств обработки сигналов.

**Задачи:** познакомить магистрантов с общими принципами построения и проектирования МРЛС и методами цифровой обработки сигналов в МРЛС; научить разрабатывать структурные схемы и выбирать параметры МРЛС и цифровых устройств обнаружения сигналов и измерения координат на фоне некоррелированных и коррелированных помех.

**Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам)**

| Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда) | Типы задач профессиональной деятельности | Задачи профессиональной деятельности   | Объекты профессиональной деятельности (или области знания)   |
|---|--|--|--|
| 25 Ракетно-космическая промышленность                       | научно - исследовательский               | Определение направления научно-исследовательских работ, анализ и обобщение их результатов, выдача рекомендаций к их практическому применению                       | Радиотехнические системы и радиоэлектронные средства, решающие задачи радиолокации, связи, навигации и радиоэлектронной борьбы |
| 06 Связь, информационные и коммуникационные технологии      | проектно - технологический               | Анализ научно-технической проблемы. Математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров. | Радиоэлектронные средства и радиоэлектронные системы различного назначения   |

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Многофункциональные радиолокационные системы» входит в базовую часть профессионального цикла подготовки магистров.

Данная дисциплина базируется на знаниях, умениях, навыках, полученных студентами в ходе изучения дисциплин бакалавриата: «Радиотехнические цепи и сигналы», «Радиотехнические системы», «Статистическая теория радиотехнических систем». Знания и навыки, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины, полезны для изучения последующих дисциплин и для подготовки выпускной работы.

Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков магистра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Средства РЭБ в

радиолокации и радионавигации», «Распознавание в радиолокации», «Адаптивная пространственная обработка сигналов», «Сложные сигналы в РЛ и РН», «Постановка помех системами локации и навигации» «Преддипломная практика», «Научно-исследовательская работа».

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОПОП по данному направлению подготовки.

**ПК-10** Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ

**ПК-11** Способен проектировать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с учетом заданных требований

**ПК-12** Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины по семестрам (курсам) и видам занятий в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (ЗЕ), 180 часов.

| Вид учебной работы  | Всего часов | Семестр |
|---|-------------|---------|
|   |             | 2       |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                                       | 66,65       | 66,65   |
| В том числе:  |             |         |
| Лекции  | 32          | 32      |
| Лабораторные работы (ЛР)  |             |         |
| Практические занятия (ПЗ)   | 32          | 32      |
| Семинары (С)  |             |         |
| Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)                          |             |         |
| <i>Другие виды аудиторной работы</i>                                    | 2,65        | 2,65    |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>                                   | 78,1        | 78,1    |
| В том числе:  |             |         |
| Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)                       | 15,7        | 15,7    |
| Расчетно-графические работы   |             |         |
| Расчетные задания   |             |         |
| Реферат   |             |         |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i>                               | 62,4        | 62,4    |
| <b>Контроль</b>   | 35,25       | 35,25   |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) | экзамен     | экзамен |
| Общая трудоемкость час  | 180         | 180     |
| Зачетные Единицы Трудоемкости   | 5           | 5       |
| Контактная работа (по учебным занятиям)                                 | 66,65       | 66,65   |

#### 4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

| №                | Раздел дисциплины   | Общая<br>трудоём-<br>кость,<br>всего<br>часов | Контактная работа<br>обучающихся<br>с преподавателем |            |                                     |                                    | Самосто-<br>ятельна<br>я работа<br>обучаю-<br>щихся |
|------------------|---|---|--|------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
|                  |   |   | всего  | лекци<br>и | практ<br>ическ<br>ие<br>занят<br>ия | лабор<br>аторн<br>ые<br>работ<br>ы |   |
| <b>Семестр 2</b> |   |   |  |            |                                     |                                    |   |
|                  | <b>Всего</b>  | <b>180</b>                                    | <b>66,65</b>   | 32         | 32                                  |                                    | <b>78,1</b>   |
| 1                | Введение  | 2,4   | 1  | 1          |                                     |                                    | 1,4   |
| 2                | Общие принципы построения многофункциональных радиолокационных систем       | 16  | 8  | 4          | 4                                   |                                    | 8   |
| 3                | Построение обнаружителей сигналов на фоне некоррелированных помех           | 28  | 14   | 6          | 8                                   |                                    | 14  |
| 4                | Построение обнаружителей сигналов на фоне пассивных (коррелированных) помех | 30  | 16   | 8          | 8                                   |                                    | 14  |
| 5                | Построение измерителей координат целей                                      | 26  | 14   | 6          | 8                                   |                                    | 12  |
| 6                | Выбор параметров радиолокационной системы                                   | 22,65   | 10,65  | 6          | 4                                   |                                    | 12  |
| 7                | Заключение  | 2   | 1  | 1          |                                     |                                    | 1   |
| 8                | Курсовой проект   | 15,7  |  |            |                                     |                                    | 15,7  |
| 9                | Экзамены и консультации   | 35,25   |  |            |                                     |                                    |   |

### 4.3. Содержание дисциплины

#### 4.3.1 Лекционные занятия

| № п/п | Темы лекционных занятий  | Трудоём-<br>кость<br>(час.) | Формируемые<br>компетенции | Форма<br>контроля |
|-------|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------|
| 1     | Введение. Назначение и принципы построения МРЛС. Основные функции МРЛС в режимах поиска, обнаружения и целеуказания. Типовые МРЛС  | 1                           | ПК-10, ПК-11, ПК-12        | экзамен           |
| 2     | Общие принципы построения многофункциональных радиолокационных систем. Тактико-технические требования, предъявляемые к радиолокационным системам, их выбор и обоснование. Режимы функционирования МРЛС | 1                           | ПК-10, ПК-11, ПК-12        | экзамен           |
| 3     | Аналого-цифровое преобразование сигналов. Временная дискретизация сигналов. Выбор периода временной дискретизации. Амплитудное квантование сигналов  | 2                           | ПК-10, ПК-11, ПК-12        | КП, экзамен       |
| 4     | Обнаружение одиночных радиоимпуль-   | 2                           | ПК-10, ПК-                 | КП, экза-         |

|    |   |   |                     |             |
|----|---|---|---------------------|-------------|
|    | сов. Корреляционные и фильтровые обнаружители. Цифровые согласованные фильтры (ЦСФ)   |   | 11, ПК-12           | мен         |
| 5  | Реализация ЦСФ во временной области.  | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 6  | Реализация ЦСФ в частотной области<br>Обнаружение пачки радиоимпульсов. Многоканальное и инвариантное когерентное обнаружение. Некогерентное обнаружение  | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 7  | Обнаружение многочастотных и неэкви-дистантных сигналов   | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 8  | Обнаружение пачки двоично-квантованных сигналов. Обнаружители движущегося окна, цифровые программные обнаружители   | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 9  | Анализ, оптимизация и расчет параметров обнаружителей двоично-квантованных сигналов. Стабилизация уровня ложных тревог  | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 10 | Математико-эвристический синтез обнаружителей сигналов на фоне пассивных помех. Системы когерентной и смешанной обработки сигналов. Цифровые эквиваленты систем когерентной и смешанной обработки   | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 11 | Цифровые режекторные фильтры (ЦРФ). ЦРФ нерекурсивного и рекурсивного типа: схемы, системные (передаточные) функции, амплитудно-частотные характеристики  | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 12 | Анализ эффективности ЦРФ по энергетическим критериям качества. Адаптивные режекторные фильтры. Автокомпенсация доплеровской скорости пассивных помех  | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 13 | Принципы построения радиолокаторов движущихся целей   | 1 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 14 | Измерение дальности цели. Принципы построения цифровых измерителей дальности. Расчет погрешности измерения дальности  | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 15 | Измерение угловых координат. Принципы построения цифровых измерителей угловой координаты при непрерывном и дискретном сканировании антенного луча. Структурные схемы измерителей при многоуровневом и двоичном квантовании входных данных | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 16 | Измерение радиальной скорости. Многоканальные и одноканальные измерители для одночастотных, многочастотных, эквидистантных и неэкви-дистантных сигналов. Расчет ошибок измерения скорости   | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |

|    |   |   |                     |             |
|----|---|---|---------------------|-------------|
| 17 | Выбор рабочей частоты, длительности и частоты повторения зондирующих импульсов, коэффициента усиления и эффективного раскрытия антенны, полосы пропускания и коэффициента шума приемника, скорости сканирования антенного луча, числа импульсов в пачке, критериев обнаружения, отношения сигнал/шум, коэффициента затухания радиоволн, потерь в системе, импульсной и средней мощности передатчика | 2 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 18 | Заключение. Основные направления развития радиолокационных систем с автоматизированной обработкой информации  | 1 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | экзамен     |

#### 4.3.2 Практические занятия

| № п/п | Тематика практических занятий (семинаров)  | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции | Форма контроля |
|-------|--|---------------------|-------------------------|----------------|
| 1     | Обнаружение одиночных радиоимпульсов. Цифровые согласованные фильтры   | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |
| 2     | Проектирование цифровых обнаружителей когерентной пачки сигналов   | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |
| 3     | Проектирование цифровых обнаружителей некогерентной пачки сигналов   | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |
| 4     | Обнаружение пачки двоично-квантованных сигналов. Анализ, оптимизация и расчет параметров обнаружителей двоично-квантованных сигналов (критерий $k/N$ ) | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |
| 5     | Проектирование систем обнаружения сигналов на фоне пассивных помех   | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |
| 6     | Адаптивные режекторные фильтры. Автокомпенсаторы доплеровской фазы пассивных помех   | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |
| 7     | Виды и структурные схемы цифровых режекторных фильтров   | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |
| 8     | Проектирование цифровых измерителей дальности и угловой координаты. Проектирование цифровых измерителей радиальной скорости                            | 4                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |

#### 4.3.3 Самостоятельная работа

| № п/п | Тематика самостоятельной работы               | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции | Форма контроля |
|-------|---|---------------------|-------------------------|----------------|
| 1     | Введение                                      | 1,4                 | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | экзамен        |
| 2     | Общие принципы построения многофункциональных | 8                   | ПК-10, ПК-11, ПК-12     | КП, экзамен    |

|   |   |      |                     |             |
|---|---|------|---------------------|-------------|
|   | радиолокационных систем   |      |                     |             |
| 3 | Проектирование обнаружителей сигналов на фоне некоррелированных помех           | 14   | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 4 | Проектирование обнаружителей сигналов на фоне пассивных (коррелированных) помех | 14   | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 5 | Проектирование измерителей координат целей                                      | 12   | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 6 | Выбор параметров радиолокационной системы                                       | 12   | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП, экзамен |
| 7 | Заключение  | 1    | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | экзамен     |
| 8 | Курсовой проект   | 15,7 | ПК-10, ПК-11, ПК-12 | КП          |

#### 4.3.4 Темы курсовых проектов

- РЛС обнаружения головок баллистических ракет.
- РЛС сопровождения спутников.
- РЛС обнаружения воздушных целей.
- Корабельная навигационная РЛС.
- Корабельная РЛС обнаружения воздушных целей.
- РЛС управления воздушным движением в зоне аэропорта.
- РЛС обнаружения низколетящих целей (крылатых ракет).

#### • **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

#### **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **Основная литература**

1. Попов Д.И. Проектирование радиолокационных систем: учеб. пособие. – Рязань: РГРТУ, 2016. – 80 с.

##### **Дополнительная литература**

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы: учеб. для вузов. – М.: Радиотехника, 2007. – 376 с.

2. Попов Д.И. Статистическая теория радиотехнических систем: учеб. пособие. – Рязань: РГРТУ, 2019. – 72 с.

3. Введение в стохастическую радиолокацию: Учебное пособие для вузов . Горбунов Ю.Н., Лобанов Б.С. Куликов Г.В. Издательство "Горячая линия-Телеком" . 2017. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/119832>.

4. Шпенст, В. А. Радиолокационные системы и комплексы : учебник / В. А. Шпенст. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. — 399 с. — ISBN 978-5-94211-776-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. —

URL: <http://www.iprbookshop.ru/78141.html> (дата обращения: 10.10.2019). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

- **Методические указания к курсовому проектированию (курсовой работе) и другим видам самостоятельной работы**

Изучение дисциплины «Многофункциональные радиолокационные системы» проходит в течение 2-го семестра. Основные темы дисциплины осваиваются в ходе аудиторных занятий, однако важная роль отводится и самостоятельной работе студентов.

Самостоятельная работа включает в себя следующие этапы:

- изучение теоретического материала (работа над конспектом лекции);
- самостоятельное изучение дополнительных информационных ресурсов (доработка конспекта лекции);
- выполнение заданий текущего контроля успеваемости (подготовка к практическому занятию);
- итоговая аттестация по дисциплине (подготовка к зачету и экзамену).

Работа над конспектом лекции: лекции – основной источник информации по предмету, позволяющий не только изучить материал, но и получить представление о наличии других источников, сопоставить разные способы решения задач и практического применения полученных знаний. Лекции предоставляют возможность «интерактивного» обучения, когда есть возможность задавать преподавателю вопросы и получать на них ответы. Поэтому рекомендуется в день, предшествующий очередной лекции, прочитать конспекты двух предшествующих лекций, обратив особое внимание на содержимое последней лекции.

Подготовка к практическому занятию: состоит в теоретической подготовке (изучение конспекта лекций и дополнительной литературы) и выполнении практических заданий (решение задач, ответы на вопросы и т.д.). Во время самостоятельных занятий студенты выполняют задания, выданные им на предыдущем практическом занятии, готовятся к контрольным работам, выполняют задания типовых расчетов.

Доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы, интернет-ресурсов: этот вид самостоятельной работы студентов особенно важен в том случае, когда одну и ту же задачу можно решать различными способами, а на лекции изложен только один из них. Кроме того, рабочая программа по математике предполагает рассмотрение некоторых относительно несложных тем только во время самостоятельных занятий, без чтения лектором.

Подготовка к зачету, экзамену: основной вид подготовки – «свертывание» большого объема информации в компактный вид, а также тренировка в ее «развертывании» (примеры к теории, выведение одних закономерностей из других и т.д.). Надо также правильно распределить силы, не только готовясь к самому экзамену, но и позаботившись о допуске к нему (это хорошее посещение занятий, выполнение в назначенный срок типовых расчетов, активность на практических занятиях).

- **ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

- Сайт Экспонента: <http://exponenta.ru/>
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>
- Интернет Университет Информационных Технологий: <http://www.intuit.ru/>
- Сайт GeoGebra: <https://www.geogebra.org>
- Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/>.

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: <https://www.e.lanbook.com>
- Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. – URL: <https://elib.rsreu.ru/>

- **ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно);
2. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, номер подписки ID 700565239, бессрочно);
3. Kaspersky Endpoint Security (Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2922-190228-101204-557-1191, срок действия с 28.02.2019 по 07.03.2021);
4. LibreOffice (лицензия LGPL v3);
5. Adobe Acrobat Reader (бесплатная лицензия Adobe);
6. Справочная правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный.

- **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для освоения дисциплины необходимы следующие материально-технические ресурсы:

1) аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, оборудованная маркерной (меловой) доской № 505 к. 2 - лабораторный корпус;

2) аудитория для самостоятельной работы, оснащенная индивидуальной компьютерной техникой с подключением к локальной вычислительной сети и сети Интернет № 419 к. 2 - лабораторный корпус.

Программу составил:

д.т.н., профессор каф. РТС

\_\_\_\_\_

(Попов Д.И.)

Программа рассмотрена и  
одобрена на заседании  
кафедры РТС

2020 г

(протокол № )