МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| Радиофизический факультет |

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ

Декан\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Матросов В.В.

«30» августа 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

|  |
| --- |
| **Радиотехнические системы** |

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **Специалитет** |

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

|  |
| --- |
| **11.05.02 «Специальные радиотехнические системы»** |

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **«Радиотехнические системы и комплексы специального назначения»** |

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
| **Специалист** |

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очная** |

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2021

1. **Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Данная дисциплина относится к базовой части ОПОП и обязательна для освоения в 6 семестре 3 года обучения.

**Целями освоения дисциплины являются**:

-теоретическое знакомство с современными радиотехническими системами и комплексами специального назначения;

-теоретическое знакомство с основами радиолокации;

- получение практических навыков обоснования и оценки основных характеристик радиотехнических систем специального назначения.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

| **Формируемые компетенции**  (код компетенции, уровеньосвоения – при наличии в карте компетенции) | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций** |
| --- | --- |
| **ОПК-7.** Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники  (этап освоения базовый) | З1 (ОПК-7) Знать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов.  У1 (ОПК-7) Уметь использовать основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов. |

1. **Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Объем дисциплины составляет **4** зачетные единицы, всего **144** часа, из которых **50** часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (**32** часов занятия лекционного типа, **16** часов лабораторные занятия, **2** часа на контроль текущей успеваемости), **40** часов составляет самостоятельная работа обучающегося. На подготовку к экзамену и экзамен по учебному плану отводится **54** академических часа.

Содержание дисциплины (модуля)

| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего (часы)** | | | В том числе | | | | | | | | | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы** из них | | | | | | | | | | | |
| **Занятия лекционного типа** | | | **Занятия семинарского типа** | | | **Занятия лабораторного типа** | | | **Всего** | | |
| Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная |
| **Тема 1** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| **Общие сведения о радиолокации.** |  |  |  |  |  |  |
| Основные определения. Частотные диапазоны. Классификация РЛС. Системы координат, используемые в радиолокации. Физические принципы радиолокации. |  |  |  |  |  |  |
| Методы обзора пространства. |  |  |  |  |  |  |
| Обобщенная структурная схема РЛС. Основные тактико-технические характеристики РЛС |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 2 Радиолокационные цели и характеристики отраженных сигналов** | 4 |  | 1 | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  | 1 |
| Характеристика среды воздушного пространства и ее влияние на распространение электромагнитных колебаний и условий полета летательных аппаратов. |  |  |  |  |  |  |
| Формирование отраженных радиолокационных сигналов. Сложные, групповые и объемно-распределенные цели |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 3** | 22 |  | 20 | 4 |  |  |  |  |  | 17 |  |  | 2 |  |  |  |  | 20 |
| **Оптимальные методы приема радиолокационных сигналов** |  |  |  |  |  |  |
| Оптимальные методы обнаружения. |  |  |  |  |  |  |
| Радиолокационные сигналы. Оптимальные фильтры импульсных сигналов. Накопители импульсных сигналов |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 4** | 4 |  | 3 | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  | 3 |
| **Дальность радиолокационного наблюдения.** |  |  |  |  |  |  |
| Дальность радиолокационного обнаружения в свободном пространстве. Влияние кривизны земной поверхности. Влияние отражения электромагнитных волн от поверхности. Влияние атмосферной рефракции. Влияние затухания электромагнитных волн в атмосфере. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 5** | 4 |  | 2 | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |  |  |  | 2 |
| **Измерение дальности целей** |  |  |  |  |  |  |
| Методы измерения дальности. Ошибки измерения дальности. |  |  |  |  |  |  |
| Разрешающая способность по дальности. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 6** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| **Измерение скорости целей** |  |  |  |  |  |  |
| Основные соотношения при эффекте Доплера. |  |  |  |  |  |  |
| Методы измерения скорости. Ошибки измерения скорости. |  |  |  |  |  |  |
| Совместное измерение дальности и скорости. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 7** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Измерение угловых координат целей** |  |  |  |  |  |
| Методы измерения угловых координат. Ошибки измерения угловых координат. |  |  |  |  |  |
| Разрешающая способность по угловым координатам. |  |  |  |  |  |
| **Тема 8** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| **Системы стабилизации уровня ложных тревог** |  |  |  |  |  |  |
| Критерии обнаружения. |  |  |  |  |  |  |
| Методы формирования адаптивного порога обнаружения. Оценка потерь в обнаружение полезного сигнала. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 9** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| **Активные помехи и методы борьбы с ними** |  |  |  |  |  |  |
| Общие сведения об активных помехах. Дальность обнаружения целей при воздействии активных помех. |  |  |  |  |  |  |
| Методы защиты РЛС от активных помех. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 10** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| **Защита РЛС от пассивных помех** |  |  |  |  |  |  |
| Общие сведения о пассивных помехах. Физические основы доплеровских методов селекции движущихся целей. Методы защиты РЛС от пассивных помех помех. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 11 Вторичная обработка радиолокационной информации** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| Задачи вторичной обработки. Идентификация траекторий. Точность определения местоположения и вектора скорости по данным измерений. Особенности определения траекторий маневрирующих целей. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 12 Распознавание радиолокационных целей** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| Задачи распознавания. |  |  |  |  |  |  |
| Распознавание по сигнальным признакам. |  |  |  |  |  |  |
| Распознавание по траекторным признакам. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 13** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| **Обоснование и оценка основных технических характеристик радиотехнических систем специального назначения** |  |  |  |  |  |  |
| Методология системного проектирования. Обоснование требований к радиолокационным комплексам. Расчет основных тактико-технических характеристик РЛС. |  |  |  |  |  |  |
| **Тема 14** | 2 |  | 1 | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 1 |
| **Современные средства высокоточного оружия радиоэлектронного противодействия** |  |  |  |  |  |  |
| Основные виды высокоточного оружия и систем наведения. Методы активной защиты. Оптико-электронное противодействие. Радиоэлектронной противодействие. Защита РЛС. |  |  |  |  |  |  |

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского типа. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

1. **Образовательные технологии**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных и практических занятий.

**Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций:**

***используемые на занятиях лекционного типа:***

- лекции с проблемным изложением учебного материала.

***используемые на занятиях практического типа:***

- регламентированная самостоятельная деятельность студентов;

- решение проблемных ситуаций для реализации технологии коллективной мыслительной деятельности.

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

5.1 Темы лабораторных занятий

1. Оптимальные фильтры

5.2 Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

1. Определения и основные свойства оптимальных фильтров.

2. Оптимальные фильтры для видеосигнала.

3. Оптимальный фильтр для ЛЧМ сигнала.

4. Формирование ЛЧМ сигналов и оптимальная фильтрация с помощью ДУЛЗ.

Самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы и контролируется на экзамене, допуске к лабораторным работам и приемке отчета по лабораторным работам.

1. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю**)

**6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, навыков), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

*ОПК-7.* Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических  
цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники

| **Индикаторы**  **компетенции** | **Критерии оценивания (дескрипторы)** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **«плохо»** | **«неудовлетворительно»** | **«удовлетворительно»** | **«хорошо»** | **«очень хорошо»** | **«отлично»** | **«превосходно»** |
| Знания  Знать методы построения математических моделей объектов и процессов специальных радиотехнических систем; | Отсутствие знаний материала | Наличие грубых ошибок в основном материале | Знание основного материала с рядом негрубых ошибок | Знание основного материалом с рядом заметных погрешностей | Знание основного материала с незначительными погрешностями | Знание основного материала без ошибок и погрешностей | Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей |
| Умения  Уметь проводить исследование математических моделей объектов и процессов специальных радиотехнических систем; | Отсутствует способность решения стандартных задач | Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач | Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками | Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями | Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей | Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач | Способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач |
| Навыки  Владеть аппаратом разработки алгоритмов реализацииматематических моделей объектов и процессов специальных радиотехнических систем. | Полное отсутствие навыка | Отсутствие навыка | Владение навыком в минимальном объёме | Посредственное  владение навыком | Достаточное владение навыком | Хорошее владение навыком | Всестороннее владение навыком |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий | 0 – 20 % | 20 – 50 % | 50 – 70 % | 70-80 % | 80 – 90 % | 90 – 99 % | 100% |

**6.2 Описание шкал оценивания**

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;

уровень понимания студентами изученного материала

способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на теоретические вопроса курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение задачи.

**Критерии оценок:**

| **Оценка** | **Уровень подготовки** |
| --- | --- |
| Превосходно | Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий поход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях.  100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий |
| Отлично | Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше |
| Очень хорошо | Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей.  Студент активно работал на практических занятиях.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%. |
| Хорошо | В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%. |
| Удовлетворительно | Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%. |
| Неудовлетворительно | Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%. |
| Плохо | Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %. |

* **Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.**

**Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:**

- устные и письменные ответы на вопросы.

**Для оценивания результатов обучения в виде умений используются следующие процедуры и технологии:**

- практические контрольные задания.

* **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.**

**Экзаменационные вопросы для оценки сформированности компетенций ОПК-7**

* Классификация РЛС. Структурные схемы РЛС. Параметры цели, определяемые РЛС.
* Принципы и методы радиолокационного измерения координат и скоростей целей.
* Показатели качества РЛС.
* Рассеивающие свойства целей, качественное описание, ЭПР цели, матрица рассеяния.
* Закон распределения амплитуды и мощности радиолокационных сигналов от сложной цели.
* Спектр флуктуаций и функция корреляции радиолокационных сигналов.
* Модели радиолокационных сигналов, постановка статистической задачи обнаружения цели.
* Критерии оптимальности обнаружения сигналов, отношение правдоподобия
* Обнаружение известного сигнала, обнаружение сигнала с флуктуирующими параметрами
* Схемы оптимальных обнаружителей с коррелятором и согласованным фильтром.
* Накопители импульсных сигналов.
* Разрешение сигналов. Разрешающая способность по угловым координатам, дальности и радиальной скорости.
* Разрешающая способность по дальности и радиальной скорости одновременно. Функция неопределенности сигналов.
* Потенциальная точность измерения параметров радиолокационных сигналов. Байесовская оценка измеряемого параметра и точности измерения.
* Потенциальная точность измерения дальности, радиальной скорости, угловых координат.
* Многоканальная, одноканальная и дифференциального типа схемы оптимальных измерителей параметров сигналов.
* Следящие и неследящие измерители дальности.
* Следящие и неследящие измерители радиальной скорости.
* Следящие и неследящие измерители угловых координат.
* Уравнение дальности радиолокации.
* Пороговые устройства.
* Методы защиты от активных помех.
* Методы защиты от пассивных помех.
* Идентификация траекторий. Точность определения местоположения и вектора скорости по данным измерений. Особенности определения траекторий маневрирующих целей.
* Распознавание радиолокационных целей.
* Обоснование и расчет основных характеристик РЛС.
* Методы защиты от высокоточного оружия.

**Типовые задачи для оценивания сформированности умений и навыков по компетенциям ОПК-7**

Задача 1. Определить порядок выбора и оптимизации основных технических показателей РЛС.

Задача 2. Провести расчет основных технических показателей импульсной РЛС.

Задача 3. Провести расчет основных технических показателей РЛС с непрерывным излучением.

Задача 4. Нарисовать типовую структурную схему многоканальной доплеровской импульсной РЛС обнаружения кругового обзора.

Задача 5. Объяснить задачи и методы обеспечения помехозащищенности РЛС от помех различного типа.

Задача 6. Объяснить задачи и методы обеспечения электромагнитной совместимости РЛС.

**Типовые задачи для оценивания сформированности умений и навыков по компетенциям ОПК-7**

Задача 1. Обосновать и оценить помехозащищенность импульсной РЛС от активных помех с различных методах защиты.

Задача 2. Обосновать и оценить помехозащищенность импульсной РЛС от пассивных помех при различных методах защиты.

Задача 3. Обосновать и оценить разрешающую способность по дальности и угловым

координатам при различным типах сигнала параметрах антенны.

Задача 4. Рассчитать параметры радиолокационного сигнала для обеспечения заданных характеристик РЛС по дальности и разрешающей способности.

Задача 5. Рассчитать параметры радиолокационного сигнала для обеспечения заданных характеристик РЛС по скорости и защите от пассивных помех.

Задача 6. Рассчитать параметры радиолокационного сигнала для обеспечения заданных характеристик РЛС по скорости и дальности одновременно.

* Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

1. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации, Волосюк В.К., Кравченко В.Ф., Изд. «Физматлит», 2008, 704 с. электронный ресурс ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/>

2. Ботов, М. И. Введение в теорию радиолокационных систем [Электронный ресурс] : монография / М. И. Ботов, В. А. Вяхирев, В. В. Девотчак; ред. М. И. Ботов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 394 с. -ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА" http://www.studentlibrary.ru/ ISBN 978-5-7638-2740-8.

б) дополнительная литература:

1. Адаптивные алгоритмы компенсации помех/ Д.Н.Ивлев, И.Я.Орлов, А.В.Сорокина, Е.С.Фитасов / Учебно-методическое пособие, Н.Новгород: издательство ННГУ, 2015, 75 с. <http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/Clutter.pdf>

2. Современные методы пространственной обработки сигналов в радиосистемах с антенными решётками: учеб. пособие / В.Т. Ермолаев, А.Г. Флаксман. – Нижний Новгород, 2008. – 171 с. (15 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<https://e.lanbook.com/>

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833186.html>

[http://znanium.com](http://znanium.com/)

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Автор (ы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Фитасов Е.С.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета

от 30.08.2021 года, протокол № 4/17