

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Прием, анализ и обработка сигналов

---

Уровень высшего образования

Специалитет

---

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

---

Направленность образовательной программы

Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.40 Прием, анализ и обработка сигналов относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-7: Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники	ОПК-7.1: Понимает основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов ОПК-7.2: Использует основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов	ОПК-7.1: Знать способы применения современной элементной базы в устройствах аналоговой обработки сигналов  ОПК-7.2: Уметь применять математическое моделирование функциональных радиотехнических узлов с целью оптимизации их параметров и последующей реализации в конкретных технических разработках	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	60
Промежуточная аттестация	54

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
1. Основные понятия	12	3	3	6	6
2. Назначение и особенности построения радиолокационных систем.	12	3	3	6	6
3. Обнаружение сигнала на фоне помех.	12	3	3	6	6
4. Оптимальные фильтры как необходимая часть системы приема и обработки.	12	3	3	6	6
5. Разрешение сигналов.	12	3	3	6	6
6. Измерение параметров сигнала.	12	3	3	6	6
7. Внутрипериодная обработка простых сигналов.	12	3	3	6	6
8. Особенности обработки сигнала на фоне шума и сильных импульсных помех.	12	3	3	6	6
9. Межпериодная обработка импульсных сигналов.	14	4	4	8	6
10. Алгоритмы цифровой обработки сигналов.	14	4	4	8	6
Аттестация	54				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	60

#### Содержание разделов и тем дисциплины

##### 1. Основные понятия

1.1. Понятие о системе, определение радиосистемы. Прием и обработка как неотъемлемые составляющие радиотехнических систем.

1.2. Примеры радиотехнических систем: системы связи, радионавигационные системы, радиолокационные системы. Некоторые особенности построения систем для разного диапазона длин волн. Примеры построения радиоприемных устройств. Приемник прямого усиления. Супергетеродинный приемник.

2. Назначение и особенности построения радиолокационных систем.

2.1. Задачи радиолокации.

2.2. Задачи радиолокационного приемника: обнаружение, разрешение, измерение.

2.3. Методы радиодальнометрии и радиопеленгации. Особенности построения приемников и обработки сигнала.

2.4. Методы определения координат объекта, используемые в радиолокации и радионавигации. Преимущества тех или иных методов. Анализ точности определения местоположения объекта с

использованием элементов теории скалярного поля на примере двухкоординатной бистатистической радиолокационной системы.

2.5. Структура отраженного сигнала. Задержка. Эффект Доплера.

2.6. Типы помех.

2.7. Характеристики радиолокационных систем.

2.8. Дальность действия РЛС в свободном пространстве. Особенности учета влияния атмосферы и поверхности Земли.

3. Обнаружение сигнала на фоне помех.

3.1. Постановка задачи.

3.2. Оптимальное обнаружение полностью известного сигнала.

3.3. Особенности обнаружения сигнала со случайными параметрами.

4. Оптимальные фильтры как необходимая часть системы приема и обработки.

4.1. Импульсная характеристика оптимального фильтра.

4.2. Механизм работы оптимального фильтра. Анализ во временной и спектральной областях.

4.3. Инвариантность оптимального фильтра.

4.4. Отношение сигнал/шум на выходе оптимального фильтра.

5. Разрешение сигналов.

5.1. Понятие о разрешающей способности.

5.2. Совместная корреляционная функция модуляции.

5.3. Примеры анализа разрешающей способности. Анализ прямоугольного радиоимпульса. Анализ радиоимпульса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

5.4. Разрешение объектов по угловым координатам.

6. Измерение параметров сигнала.

6.1. Точность измерения временного положения сигнала. Построение обработки с получением наилучшей точности.

6.2. Точность измерения частоты сигнала. Структура оптимального измерителя частоты.

6.3. Задача измерения угловых координат.

7. Внутрипериодная обработка простых сигналов.

7.1. Оптимальная фильтрация прямоугольного видеоимпульса.

7.2. Оптимальная фильтрация прямоугольного радиоимпульса.

7.3. Анализ отношения сигнал-шум при отклонении характеристик фильтра.

7.4. Оптимальные фильтры для сигналов с ЛЧМ.

7.5. Оптимальные фильтры для фазоманипулированных сигналов.

8. Особенности обработки сигнала на фоне шума и сильных импульсных помех.

8.1. Понятие о динамическом диапазоне сигнала и помех и необходимости их нормировки.

8.2. Построение обработки с использованием амплитудного ограничения и оптимальной фильтрации.

8.3. Нормирование уровня импульсных помех при обработке сложных сигналов.

9. Межпериодная обработка импульсных сигналов.

9.1. Оптимальные фильтры для последовательности видео импульсов.

9.2. Аналоговые накопители и квазиоптимальные фильтры.

9.3. Некогерентное накопление импульсных сигналов.

9.4. Цифровые накопители.

10. Алгоритмы цифровой обработки сигналов.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине.

Во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

Задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (см. Раздел 6.4) выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:**

1. Что такое радиосистема? Перечислите основные системные принципы. В каком диапазоне работают радиосистемы: системы радиолокации, радионавигации, радиосвязи? Назначение приемника как элемента радиосистемы.

2. В чем отличие приемника прямого усиления от супергетеродинного приемника? Приведите структурные схемы приемников обоих типов. В чем преимущества и недостатки этих типов приёмников?

3. Что такое радиолокация? Какие задачи радиолокации Вам известны? Что такое обнаружение, разрешение, измерение?

4. Перечислите основные методы радиодальнометрии и радиопеленгации. Особенности построения приемников и обработки сигнала для реализации методов.

5. Какие методы определения координат объекта используются в радиолокации и радионавигации? Перечислите преимущества и недостатки тех или иных методов.

6. Как трансформируется сигнал, отраженный от цели? Выведите формулу задержки отраженного сигнала относительно излученного. Выведите формулу доплеровского смещения частоты отраженного сигнала.

7. Приведите основную формулу радиолокации (формулу расчета дальности). От каких параметров зависит дальность действия радиолокатора в свободном пространстве? В чем отличие основной формулы радиолокации от основной формулы радиосвязи?

8. Приведите формулировку и подходы к решению задачи обнаружения сигнала на фоне помех. Приведите схему оптимального обнаружителя полностью известного сигнала. Какие сигналы называются пороговыми?

9. Приведите формулировку и подходы к решению задачи обнаружения сигнала на фоне помех. В чём особенности обнаружения сигнала со случайными параметрами? Приведите схему обнаружителя радиосигнала со случайной начальной фазой.

10. Что такое оптимальный фильтр? Зачем он используется в приемниках? Поясните механизм работы оптимального фильтра во временной и спектральной областях.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне

Оценка	Критерии оценивания
	«удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы навыки при решении нестандарт	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х задач
--	--	---------------------	---	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

1. Что такое радиосистема? Перечислите основные системные принципы. В каком диапазоне работают радиосистемы: системы радиолокации, радионавигации, радиосвязи? Назначение приемника как элемента радиосистемы.

2. В чем отличие приемника прямого усиления от супергетеродинного приемника? Приведите структурные схемы приемников обоих типов. В чем преимущества и недостатки этих типов приёмников?



3. Что такое радиолокация? Какие задачи радиолокации Вам известны? Что такое обнаружение, разрешение, измерение?

4. Перечислите основные методы радиодальнометрии и радиопеленгации. Особенности построения приемников и обработки сигнала для реализации методов.

5. Какие методы определения координат объекта используются в радиолокации и радионавигации? Перечислите преимущества и недостатки тех или иных методов.

6. Как трансформируется сигнал, отраженный от цели? Выведите формулу задержки отраженного сигнала относительно излученного. Выведите формулу доплеровского смещения частоты отраженного сигнала.

7. Приведите основную формулу радиолокации (формулу расчета дальности). От каких параметров зависит дальность действия радиолокатора в свободном пространстве? В чем отличие основной формулы радиолокации от основной формулы радиосвязи?

8. Приведите формулировку и подходы к решению задачи обнаружения сигнала на фоне помех. Приведите схему оптимального обнаружителя полностью известного сигнала. Какие сигналы называются пороговыми?

9. Приведите формулировку и подходы к решению задачи обнаружения сигнала на фоне помех. В чём особенности обнаружения сигнала со случайными параметрами? Приведите схему обнаружителя радиосигнала со случайной начальной фазой.

10. Что такое оптимальный фильтр? Зачем он используется в приемниках? Поясните механизм работы оптимального фильтра во временной и спектральной областях.

11. Что такое оптимальный фильтр? Зачем он используется в приемниках? Какое отношение сигнал/шум достигается на выходе оптимального фильтра. Расскажите об инвариантности оптимального фильтра.

12. Что такое разрешающая способность системы? Что такое совместная корреляционная функция модуляции? Как она используется в задаче разрешения?

13. Что такое разрешающая способность системы? Расскажите о разрешающей способности системы с прямоугольным радиоимпульсом? В чём преимущества использования радиоимпульса с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ)?

14. Что такое разрешающая способность системы? Чем определяется разрешающая способность системы по угловым координатам? Сделайте пояснения.

15. Как оценить точность измерения временного положения сигнала? Как построить обработку с получением наилучшей точности?

16. Как оценить и от чего зависит точность измерения частоты сигнала? Приведите структуру оптимального измерителя частоты. Сделайте пояснения.

17. Расскажите об особенностях внутрипериодной обработки сигналов. Оптимальная фильтрация прямоугольного видеоимпульса. Оптимальная фильтрация прямоугольного радиоимпульса.

18. Расскажите об особенностях оптимальной фильтрации сигналов с ЛЧМ и фазоманипулированных сигналов.

19. Как влияет отклонение характеристик фильтра на отношение сигнал-шум на его выходе?

20. Расскажите об известных Вам особенностях обработки сигнала на фоне шума и сильных импульсных помех. Что такое динамический диапазон сигнала и помех? Зачем нужна его нормировка? Как строится обработка с использованием амплитудного ограничения и оптимальной фильтрации?

21. Как строятся оптимальные фильтры для последовательности видеоимпульсов? Расскажите о построении аналоговых накопителей и квазиоптимальных фильтров.

22. В чем преимущество и недостатки некогерентного накопления импульсных сигналов? Приведите структурные схемы некогерентных накопителей.

23. Что из себя представляют цифровые накопители импульсных сигналов? Приведите пример структурной схемы устройства цифровой обработки.

24. В чём заключается отличие аналоговых сигналов от дискретных сигналов? Какие сигналы называются цифровыми? Что такое частота Найквиста? Сформулируйте теорему Котельникова. Как найти спектр дискретного сигнала? Что такое быстрое преобразование Фурье?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Бакулев Петр Александрович. Радиолокационные и радионавигационные системы : [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - М. : Радио и связь, 1994. - 295 с. : ил. - 2000.00., 1 экз.
2. Коростелев Аркадий Алексеевич. Пространственно-временная теория радиосистем : [учеб.

пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - М. : Радио и связь, 1987. - 319 с. : ил. - 1.00., 2 экз.

3. Лезин Юрий Сергеевич. Техника обработки сигналов в радиотехнических системах : учеб. пособие / Горьк. политехн. ин-т им. А. А. Жданова. - Горький : ГПИ, 1979. - 94 с. : ил. - 0.18., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Сергиенко Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов. - СПб. [и др.] : Питер, 2003. - 604 с. : ил. - (Учебник для вузов). - ISBN 5-318-00666-3 : 140.60., 1 экз.

2. Марпл Стэнли Лоренс (младший). Цифровой спектральный анализ и его приложения / пер. с англ. О. И. Хабарова, Г. А. Сидоровой ; под ред. И. С. Рыжака. - М. : Мир, 1990. - 584 с. : ил. - ISBN 5-03-001191-9 : 40.00., 2 экз.

3. Сейдж Эндрю П. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении / пер. с англ. под ред. Б. Р. Левина. - М. : Связь, 1976. - 495 с. : ил. - (Статистическая теория связи : СТС ; вып. 6). - 2.89., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не предусмотрено.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Ковалев Федор Николаевич, доктор технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 16.01.2024 г., протокол № №1.