



## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями освоения дисциплины «Обработка сигналов» являются:**

1. Подготовка в области знания теоретических основ, принципов построения трактов приема и аналого-цифровой обработки сигналов радиотехнических систем.
2. Формирование практических навыков проектирования устройств обработки сигналов.
3. Формирование практических навыков работы с аппаратурой для контроля и измерения параметров радиоприемных устройств.
4. Подготовка в области радиотехники для разных сфер профессиональной деятельности.
  - проектно-конструкторской;
  - производственно-технологической;
  - научно-исследовательской;
  - сервисно-эксплуатационной.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Обработка сигналов» относится к вариативной части (обязательные дисциплины)

### *Взаимосвязь с другими дисциплинами*

Курс «Обработка сигналов» основывается на знании "Высшей математики", "Физики", «Теория электрических цепей».

Полученные знания могут быть использованы при изучении дисциплин: «Методы и устройства передачи сигналов», «Микропроцессорная техника в системах связи», «Методы и устройства приема сигналов», «Статистическая теория передачи сигналов», а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **3.1. Знать:**

- основные технические термины на русском и английском языках, относящиеся к области обработки сигналов (ОК-7, ОПК-4);
- основы схемотехники устройств обработки сигналов (ОПК-3);
- принципы работы функциональных узлов схем, осуществляющих обработку сигналов (ОПК-4);
- зависимость показателей качества радиотехнической системы от характеристик и параметров приемного устройства (ОК-7, ОПК-4);
- основные виды преобразования сигналов в типовых каскадах приемного устройства (ОПК-3);
- методы обеспечения помехоустойчивости при приеме сигналов (ОК-7, ОПК-3).

### **3.2. Уметь:**

- использовать пакеты прикладных программ для проектирования и исследования устройств обработки сигналов (ОК-7, ОПК-4);

- собирать и анализировать данные для расчета устройств обработки сигналов (ОК-7, ОПК-3);
- использовать методы экспериментальных исследований и испытаний разработанных устройств и основные приемы обработки экспериментальных данных (ОК-7, ОПК-4);

### 3.3. Владеть:

- навыками практической работы с измерительными приборами для исследования аналоговых и цифровых устройств (ОК-7, ОПК-4);
- навыками экспериментального определения характеристик и параметров различных устройств обработки сигналов (ОК-7, ОПК-4);
- методами расчета типовых устройств обработки сигналов (ОК-7, ОПК-3);
- навыками компьютерного исследования по электрическим моделям функциональных узлов радиоприемных устройств (ОК-7, ОПК-4).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: «Обработка сигналов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

| № п/п | Раздел дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                      |                     |     | Объем учебной работы с применением интерактивных методов час./% | Формы текущего контроля успеваемости. форма промежуточной аттестации |
|-------|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|-----|---|--|
|       |   |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы | СРС |   |  |
| 1.    | <u>Основные понятия теории передачи сигналов.</u> Информация сообщение, сигнал, Кодирование и модуляция. Параметры сигнала: длительность динамический диапазон, спектр сигнала, ширина спектра. | 4       | 1-3             | 2  | 2                    |                     | 9   | 1,5/38  |  |
| 2     | <u>Помехи и искажения сигнала</u><br><u>Фильтрация сигнала.</u><br>Классификация помех, замирания сигнала. Типы фильтров  | 4       | 4-6             | 4  | 4                    |                     | 9   | 2/25  | Рейтинг-контроль 1   |
| 3.    | <u>Виды сигналов. Цифровой сигнал.</u><br>Искажения, возникающие при АЦП.<br>Выбор частоты дискретизации и шага квантования.  | 4       | 7-9             | 2  | 2                    | 4                   | 9   | 2/25  |  |
| 4     | <u>Понятие о системе и канале связи.</u><br>Подавление помех. Демодуляция, декодирование. Параметры системы связи. Скорость и верность передачи информации                                      | 4       | 10-12           | 4  | 4                    | 6                   | 9   | 2/14  | Рейтинг-контроль 2   |
| 5.    | <u>Подавление помех путем фильтрации.</u><br>Проектирование основных типов фильтров в линейном тракте приемника.  | 4       | 13-15           | 2  | 2                    | 4                   | 9   | 2/25  |  |
| 6     | <u>Обработка сигналов в перспективных системах связи.</u> Технология OFDM.  | 4       | 16-18           | 4  | 4                    | 4                   | 9   | 2/17  | Рейтинг-контроль 3   |
| Всего |   |         | 18              | 18   | 18                   | 18                  | 54  | 11,5/21   | зачет  |

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (лабораторные работы, контрольные аудиторские работы, практические занятия). Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 11,5 часов (лабораторные и практические занятия, консультации вне расписания, контрольные мероприятия на лекционных занятиях).

### **5.2. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению и защите лабораторных заданий, в процессе подготовки к экзамену, к контрольным мероприятиям (рейтинг-контроль), а также в процессе выполнения расчетно-графической работы. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций.

### **5.3. Использование современных информационных технологий при обучении**

Лекционные занятия проводятся с использованием презентаций в мультимедийной аудитории с применением компьютерного проектора. Студентам предоставляется курс лекций и описания всех лабораторных работ в электронной форме. Компьютерные технологии используются при проведении лабораторных работ (используются система Matlab и пакет схемотехнического моделирования Multisim).

### **5.4. Лекции приглашенных специалистов**

В рамках учебного курса «Обработка сигналов» предусмотрены встречи с представителями российских компаний, выступления и лекции специалистов, в частности доктора технических наук, профессора кафедры основ радиотехники МЭИ (г.Москва) В.Г. Карташева

### **5.5. Рейтинговая система обучения**

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: активность на контрольных занятиях; качество выполнения рейтинговых заданий и лабораторных работ.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Перечень лабораторных работ**

| <b>№ п/п</b> | <b>Наименование лабораторной работы</b>  |
|--------------|--|
| 1.           | Измерение чувствительности и односигнальной частотной избирательности связного приемника (4 час) |
| 2.           | Измерение параметров радиовещательного приемника (4 час)   |
| 3.           | Исследование канала связи (4 час)  |
| 4.           | Исследование преселектора (4 час)  |
| 5.           | Исследование усилителя промежуточной частоты (4 час)   |

- Исследование входной цепи на основе схемотехнического моделирования (4час)

## 6.2. Темы практических занятий

| №<br>п/п | Тема занятия   |
|----------|--|
| 1.       | Построение сценариев расчетов в системе Matlab (2 час)     |
| 2.       | Построение графиков в системе Matlab (2 час)               |
| 3.       | Расчет АЦП и определение скорости потоков данных (2 час)   |
| 4.       | Формирование сигналов в системе Matlab (2 час)             |
| 5.       | Спектральный анализ сигналов в системе Matlab (2 час)      |
| 6.       | Расчет дискретных фильтров в системе Matlab (2 час)        |
| 7.       | Использование фильтров для подавления помех (2 час)        |
| 8.       | Операции с файлами звука в системе Matlab (2 час)          |
| 9.       | Расчет одноконтурной входной цепи в системе Matlab (2 час) |

## 6.3. Темы расчетно-графических работ

- Расчет параметров аналого-цифрового преобразователя (АЦП)  
Параметры аналогового сигнала, изменяемые в зависимости от варианта задания:  
тип аналогового сигнала;  
максимальная частота спектра сигнала;  
максимальное и минимальное значения мощности сигнала  
зависимость максимального значения сигнала («амплитуды») от мощности сигнала;  
минимально возможное отношение мощности сигнала к шуму квантования;  
Определяемые параметры устройства:  
Шаг квантования;  
Число разрядов двоичного квантователя  
Параметры фильтра нижних частот  
Определить пределы изменения числа разрядов квантователя при изменении отношения сигнал-шум квантования и при изменении пределов мощности входного сигнала. Построить соответствующие графики зависимостей числа разрядов квантователя.
- Расчет и моделирование одноконтурного полосового фильтра  
Параметры фильтра, изменяемые в зависимости от варианта задания:  
частота настройки;  
эквивалентное затухание;  
сопротивление источника сигнала;  
сопротивление нагрузки;  
частота помехи.
- Расчет и моделирование двухконтурного полосового фильтра  
Параметры фильтра, изменяемые в зависимости от варианта задания:  
частота настройки;  
эквивалентное затухание;  
сопротивление источника сигнала;  
сопротивление нагрузки;  
частота помехи.

## 6.4. Текущий контроль успеваемости

### Вопросы и задания к рейтинг-контролю №1

1. В чем заключается различие между понятиями: «сигнал» и «сообщение»?
2. Какую цель преследует кодирование сигнала и сообщения?
3. В чем заключается смысл модуляции? Изобразите осциллограмму гармонического колебания, к которому применена частотная модуляция для передачи последовательности нулей и единиц.
4. Изобразите амплитудный и фазовый спектры следующего напряжения  $U(t)=2*\cos(2\pi*30t+ 0,25\pi)+ 0,2*\cos(2\pi*100t+ 0,75\pi)$
5. Что такое ширина спектра? С какой целью ограничивают ширину спектра?
6. Чем отличаются понятия: «помеха» и «искажения» применительно к сигналу?

### Вопросы и задания к рейтинг-контролю №2

1. Какие преимущества имеет цифровой сигнал перед аналоговым?
2. С какой целью перед АЦП устанавливают ФНЧ?
3. Укажите причины искажений сигнала, возникающие при АЦП.
4. Дайте сравнительную характеристику типов фильтров.
5. Как правильно выбрать параметры АЦП?
6. Изобразите структурную схему цифровой радиотелефонной системы связи и укажите в ней составляющие цифрового канала связи.
7. Приведите классификацию помех.
8. В чем заключается причина замираний сигнала?

### Вопросы и задания к рейтинг-контролю №3

1. Укажите назначение решающей схемы в демодуляторе цифрового сигнала.
2. Каково назначение декодера?
3. Как численно можно охарактеризовать скорость и верность передачи информации?
4. Какими параметрами характеризуется работа одноконтурного полосового фильтра?
5. Чем отличаются понятия «собственная добротность колебательного контура» и «эквивалентная добротность колебательного контура»?
6. С какой целью используется технология связи OFDM?

## 6.5. Вопросы к зачету

1. Основные понятия теории передачи сигналов. Кодирование и модуляция.
2. Параметры сигнала. Ширина спектра сигнала.
3. Классификация помех. Замираний сигнала.
4. Назначение и основные типы электрических фильтров.
5. Виды сигналов.
6. Искажения сигнала, возникающие при АЦП. Выбор частоты дискретизации.
7. Выбор шага квантования при АЦП.
8. Основные составляющие системы передачи информации.
9. Канал связи. Скорость и верность передачи информации.
10. Подавление помех с помощью фильтров.
11. Основные этапы расчета одноконтурного полосового фильтра.
12. Основные этапы расчета двухконтурного полосового фильтра.
13. Основные задачи, решаемые в процессе развития систем связи.
14. Системы связи на основе технологии OFDM.

## 6.6. Тест-контроль самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Основные понятия теории передачи сигналов

1. Отличие сообщения от сигнала заключается в том, что:
  - а) сообщение меняется во времени, а сигнал - нет;
  - б) сигнал меняется во времени, а сообщение - нет;;
  - в) для формирования сигнала всегда используется физический процесс, а сообщение может содержать набор знаков.
2. Кодирование - это:
  - а) изменение параметров физического процесса во времени;
  - б) представление сообщения набором чисел, предназначенных для передачи;
  - в) засекречивание сообщений.
3. Модуляция нужна для:
  - а) переноса информации на физический процесс;
  - б) засекречивания информации;
  - в) повышения скорости передачи информации.
4. Спектральное представление сигнала применяется для:
  - а) анализа искажений сигнала;
  - б) засекречивания информации;
  - в) кодирования информации.

### Тема 2. Помехи и искажения сигнала. Фильтрация сигнала

1. Какая помеха называется внутриполосной:
  - а) ширина спектра помехи меньше полосы пропускания приемника;
  - б) ширина спектра помехи больше полосы пропускания приемника;
  - в) спектр помехи попадает в полосу пропускания приемника.
2. Замирания сигнала называются общими, если:
  - а) все его спектральные компоненты меняются во времени;
  - б) все его спектральные компоненты меняются во времени одинаково;
  - в) все его спектральные компоненты меняются во времени по-разному.
3. Фильтр нижних частот подавляет помеху, если:
  - а) ее спектр находится выше по частоте по сравнению с сигналом;
  - б) ее спектр находится ниже по частоте по сравнению с сигналом;
  - в) ее спектр не выходит за пределы спектра сигнала.

### Тема 3. Виды сигналов. Цифровой сигнал

1. Цифровой сигнал по сравнению с аналоговым:
  - а) имеет большую помехоустойчивость;
  - б) позволяет сократить затраты на аппаратуру для его обработки;
  - в) имеет больший диапазон изменения напряжения.
2. Теорема Котельникова
  - а) позволяет определить уровень искажений сигнала при АЦП;
  - б) позволяет определить минимальный шаг квантования при АЦП;
  - в) позволяет определить минимальную частоту дискретизации при АЦП.
3. Шаг квантования нельзя устанавливать очень малым так как:
  - а) увеличивается степень искажений сигнала;
  - б) снижается помехоустойчивость передачи данных;
  - в) увеличивается поток данных.

#### **Тема 4. Понятие о системе и канале связи**

1. Подавление помех осуществляется, в основном:
  - а) в демодуляторе;
  - б) в декодере;
  - в) с помощью фильтров.
2. Верность передачи информации увеличивается:
  - а) при увеличении отношения сигнал-помеха;
  - б) при увеличении скорости передачи данных;
  - в) при многолучевом приеме сигнала.
3. В цифровом канале связи:
  - а) входной сигнал является непрерывным, а выходной - цифровым;
  - б) входной сигнал является цифровым, а выходной - непрерывным;
  - в) оба ответа – ошибочные.

#### **Темы 5 и 6. Подавление помех путем фильтрации. Обработка сигналов в перспективных системах связи**

1. Степень подавления помех одноконтурным полосовым фильтром определяется:
  - а) его коэффициентом передачи;
  - б) его резонансной частотой;
  - в) его эквивалентной добротностью.
2. Двухконтурный полосовой фильтр применяют, когда:
  - а) требуется увеличить значение частоты настройки фильтра;
  - б) расширить полосу пропускания;
  - в) увеличить степень подавления помех.
2. Основная задача, решаемая технологией OFDM:
  - а) увеличение дальности связи;
  - б) повышение надежности скоростной связи в условиях города;
  - в) повышение секретности связи.

### **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Основная литература (библиотека ВлГУ).**

1. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте: учебник / Г.В. Горелов и др.; под ред. Г.В. Горелова. - М.: ФГБОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2013. - 532 с.  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785890356642.html>
2. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / Оппенгейм А., Шафер Р. - Издание 3-е, исправленное. - М. : Техносфера, 2012. -1048 с. - ISBN 978-5-94836-329  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363295.html>
3. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / В.И. Гадзиковский - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2015. - 766 с. - ISBN 978-5-91359-117-3.  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591173.html>
4. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Колосовский Е.А. - 2-е изд. - М. : Горячая линия – Телеком 2012 - 456 с  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202657.htm>

#### **Дополнительная литература**



1. Исследование устройств приема и обработки сигналов: метод. указания к лабораторным работам/ Е.К.Левин; Владим. гос. ун-т.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007.-60 с. <http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1195>
2. Исследование алгоритмов обработки сигналов в системе Matlab: метод. указания к лабораторным работам/ Е.К.Левин; Владим. гос. ун-т.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011.-78 с. <http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3046>
3. В. Ф. Кравченко Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях [Электронный ресурс] / В. Ф. Кравченко - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007, 544 с. - ISBN 978-5-9221-0871-1 <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108713.html>
4. Головин О.В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов [Электронный ресурс] : Учебное пособие для вузов / Головин О.В. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012, 783 с., ISBN 978-5-9912-0196-4.- <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201964.html>

#### Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

#### Зарубежные журналы:

- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.


## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

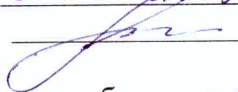
Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 335-3);
- наборы слайдов к лекциям;
- оборудование специализированной лаборатории (304-3);
- программные среды: Matlab, Multisim.

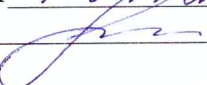
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Рабочую программу составил профессор каф. РТ и РС  Левин Е.К.

Сторонний рецензент(ы)  ген.директор «ВКБР», к.т.н. А.Е. Богданов

Программа одобрена на заседании каф. РТ и РС  
 Протокол № 13 от 6.04.2015  
 Заведующий кафедрой РТ и РС  Никитин О.Р.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления

Протокол № 10 от 7.04.2015 года  
 Председатель комиссии  О.Р. Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 15/15 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 10.09.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *ОРНИВЦЫИ*

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *ОРНИВЦЫИ*

Рабочая программа одобрена на 17/18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *ОРНИВЦЫИ*

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа одобрена на 18/19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 4.09.18 года

Заведующий кафедрой  пр. Шибанова

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_