

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 31 » 03 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**" ДИСКРЕТНАЯ И ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА РАДИОСИГНАЛОВ В  
ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВАХ "**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки - **11.03.01 Радиотехника**

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования - *бакалавриат*

Форма обучения - *очная*

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
7	5,180	18	18	18	81	Экз, 45
Итого	5,180	18	18	18	81	Экз, 45

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины "Дискретная и цифровая обработка радиосигналов в цифровых устройствах" являются:

1. Изучение методов и средств дискретной математики применительно к обработке сигналов.
2. Изучение методов дискретных преобразований в автоматизированной системе обработки детерминированных и случайных процессов.
3. Изучение алгоритмов и структур дискретной и цифровой фильтрации аппаратным и программными методами.
4. Освоение цифровых методов реализации типовых процедур обработки сигналов.
5. Формирование практических навыков в технике проектирования микропроцессорных устройств обработки радиосигналов, необходимых для применения в научно-исследовательской деятельности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина "Дискретная и цифровая обработка радиосигналов в цифровых устройствах" относится к вариативной части дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.11).

### *Взаимосвязь с другими дисциплинами*

Дисциплина " Обработка радиосигналов в цифровых устройствах " входит в ряд дисциплин, связанных с различными аспектами радиоэлектроники и вычислительной техники и их использования для обработки сигналов и управления процессами.

В процессе изучения данной дисциплины используются знания приобретаемые студентами в следующих дисциплинах:

- а) а) "Основы теории цепей";
- б) б) "Информационные технологии в радиоэлектронике";
- в) в) "Электроника";
- г) г) "Основы компьютерных технологий в электронике ";
- д) д). "Цифровые устройства и микропроцессоры".

В свою очередь дисциплина "Цифровые устройства и микропроцессоры" является базовой для дисциплин, связанных с аспектами аппаратурной и программной реализации радиотехнических устройств и систем, таких как:

- а) "Радиоприемные устройства";
- б) "Радиопередающие устройства";
- в) "Системы радиуправления";
- д) "Обработка сигналов".

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями (ОК и ОПК):

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

#### **1. Знать:**

- основы и преимущества цифровой обработки информации (ОК-7);
- основы теории дискретных и цифровых преобразований сигналов (ОПК-2);
- современные тенденции развития цифровых устройств и систем (ОК-7);
- основные методы аппаратной, программной и программно-аппаратной реализации устройств обработки сигналов, включая проблемы обработки радиосигналов (ОПК-2);

#### **Уметь:**

- работать с персональными компьютерами (ОПК-2);
- проводить анализ результатов обработки сигналов и экспериментальных данных (ОПК-2);
- применять действующие стандарты, программы и инструкции при выполнении работ (ОК-7);
- выбирать технические средства и методы обработки результатов (ОК-7).

#### **Владеть:**

- методологией использования персональных компьютеров и сигнальных микропроцессоров для исследования цифровых методов обработки сигналов низкочастотной и высокочастотной природы (ОК-7, ОПК-2);
- методологией разработки алгоритмов и управляющих программ микропроцессорных узлов (ОК-7, ОПК-2);
- методологией экспериментальных исследований и основными приемами обработки данных (ОПК-2).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов в 7-ом семестре

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с примене -нием интерак -тивных методов (в ча - сах / %)	Формы текущего контроля успеваемос ти (по неделям семестра), форма промежу -точной аттестации (по семе -страм)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Общие сведения о цифровой обработке сигналов в цифровых устройствах	7	1	2	2	4		3			
2	Функция Автокорреляции. Энергетические спектры.	7	3	2	2			9	2/50		
3	Z- преобразование дискретных последовательностей и его свойства	7	5	2	2	2		9	4/66	Рейтинг-контроль №1	
4	Дискретное преобразование Фурье	7	7	2	2	2		9	4/66.		
5	Быстрое преобразование Фурье	7	9	2	2	2		7	2/33		
6	Случайные дискретные процессы.	7	11	2	2	2		6	1/12,5	Рейтинг-контроль №2	
7	Дискретные и цифровые фильтры. Нерекурсивные фильтры.	7	13	2	2	4		9	4/50		

8	Метод билинейного преобразования.	7	15	2	2			9		2/50	
9	Восстановление дискретизованных сигналов на основе систем базисных функций.	7	17	2	2	2		2		2/33	Рейтинг - контроль №3
Всего				18	18	18		81		21/39	Экзамен, 45

\* В графах «Лабораторные» и «Практические» представлена трудоемкость по разделам лекций без привязки к неделям учебного процесса, который определяется расписанием занятий

## 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: С этой целью лабораторные работы включают расчеты элементов электрических схем, моделирование функционирования рассчитанных устройств в программах LabVIEW и Multisim с анализом результатов. Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет: 21 час лекционных, лабораторных и практических занятий.

В процессе обучения организуются встречи с ведущими специалистами организаций и экскурсии на производственные предприятия.

### 5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала в процессе подготовки к выполнению и защите лабораторных заданий. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, предоставляемому студентам в электронном виде.

При подготовке к **практическим занятиям** студентам необходимо по лекциям прочитать материал по теме предстоящего занятия и непонятные вопросы выяснить с

преподавателем в начале занятия. Расход времени студентом на одно занятие составляет около 1,5 часа.

После выполнения упражнения в среде проектирования или моделирования функционирования программного обеспечения результаты студент предъявляет преподавателю на экране компьютерного монитора. Преподаватель контролирует качество выполнения задания студентом и помогает исправить ошибки неправильно понятых студентом элементов курса.

**Лабораторные работы** предполагают самостоятельную работу студента в объеме 4 часов на одну лабораторную работу. Самостоятельная работа состоит в подготовке к лабораторной работе, подготовке отчета по выполненной им работе и защите лабораторной работы.

Подготовка к лабораторной работе включает изучение теоретических сведений по теме лабораторной работы с использованием лекций и методических указаний к лабораторной работе.

Оформление отчета по лабораторной работе должно выполняться с учетом основных требований к конструкторским документам. Оформление отчета полностью по ЕСКД достаточно трудоемко и отнимет много времени у студента. Учитывая малый объем отчета, за основу требований к оформлению берется только общая структура технорабочего проекта и правила рубрикации. Остальные требования ЕСКД к оформлению документов в отчетах считаются необязательными, т.е. действуют общепринятые правила литературного языка.

К **экзамену** студенты готовятся по лекциям, предоставленным им преподавателем в электронном виде, и по рекомендованной литературе.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Все лекционные занятия проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора и представлением от 15 до 30 слайдов по каждой лекции.

Лабораторные и практические занятия проводятся с широким применением компьютерных технологий в средах автоматизированного проектирования и моделирования цифровых и микропроцессорных устройств. Лабораторные работы и практические занятия проводятся на персональных компьютерах с широким использованием электронных средств проектирования и моделирования Multisim, LabVIEW и специальной контролирующей программы по цифровой обработке сигналов Digital2010. В процессе изучения предмета студенты выполняют лабораторные работы согласно методическим указаниям к ним,

индивидуально готовят отчеты и защищают их в виде устного собеседования с преподавателем.

На практических занятиях преподаватель со студентами разбирает примеры проектирования цифровых фильтров. На основе лекционного курса студенты разрабатывают и отлаживают управляющие программы для микропроцессоров цифровой обработки сигналов. Выполненные разработки тестируют в среде Multisim и LabVIEW.

Для подготовки к экзамену студентам предоставляется электронный курс лекций и описания всех лабораторных работ. Компьютерные технологии используются и при оформлении лабораторных работ.

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

### **6.1. Текущий контроль в седьмом семестре**

#### **6.1.1. Вопросы к рейтинг-контролю №1**

1. Особенности, достоинства и области использования ЦОС. Технические средства и программное обеспечение систем с ЦОС.
2. Обобщенная структура радиосистемы с цифровой обработкой информации.
3. Разновидности РЭС с ЦОС.
4. Классификация сигналов и типовые процедуры ЦОС.
5. Дискретизация непрерывных сигналов. Примеры естественной и искусственной дискретизации.
6. Типовые дискретные последовательности (ДП). Модуль, аргумент, энергия и мощность ДП. Ортогональность и комплексная сопряженность ДП. Векторное отображение ДП.
7. Представление типовых непрерывных и дискретных сигналов в  $p$ -плоскости.
8. Спектр дискретизированного сигнала.
9. Эффект наложения спектров при дискретизации.

### 6.1.2. Вопросы к рейтинг-контролю №2

1. Сущность и свойства  $Z$ -преобразования.  $Z$ -преобразования типовых сигналов.
2. Влияние эффекта дискретизации на положение нулей и полюсов в  $p$ - и  $Z$ -плоскостях.
3. Взаимосвязь отображений сигналов в  $p$ - и  $Z$ -плоскостях. Показать на
4. примерах ДП.
5. Вычисление обратного  $Z$ -преобразования (пояснить на примерах).
6. Определение ДПФ и ОДПФ. Особенности оператора  $W$ . Влияние размерности массива данных  $N$  на характер спектра ДПФ.
7. Матричная и векторная форма ДПФ и ОДПФ. Связь ДПФ и  $Z$ -преобразования.
8. Организация вычислительного процесса ДПФ. Оценка вычислительных затрат.
9. Особенности спектров дискретизированных сигналов.
10. Сопоставление спектров непрерывных и дискретных сигналов и спектра ДПФ.
11. Обобщение отображение сигналов в координатах  $\omega$ ,  $p = \sigma + j\omega$ ,  $z = \exp(pT)$ .
12. Разновидности спектров ДПФ и их особенности.
13. Перестановка входных данных при БПФВ. Блок-схема алгоритма.
14. Организация БПФЧ при произвольном  $N$ .
15. Сравнение вычислительных затрат при ДПФ и БПФ.

### 6.1.3. Вопросы к рейтинг-контролю №3

1. Сопоставление дискретных и непрерывных линейных систем фильтрации.
2. Алгоритм функционирования и свойства линейных дискретных фильтров (ДЛФ) и их соединения. Основные структуры ДЛФ и их соединения.
3. Нерекурсивные фильтры. Описывающие уравнения и основные характеристики (СФ, ЧХ, ДПХ).
4. Анализ НФ1-го порядка. Характеристики НФ1.
5. НФ1 - дискретный дифференциатор.
6. НФ1- режекторный фильтр.



7. НФ 2-го порядка. Характеристики НФ2.
8. Алгоритм и коэффициенты передачи рекурсивного фильтра (РФ).
9. РФ 1-го порядка и его характеристики.
10. РФ1 - дискретный интегратор.
11. РФ 2-го порядка и его характеристики.
12. Проектирование ЦФ с использованием весовых «окон».
13. Проектирование ЦФ методом частотной выборки.
14. Метод инвариантности при проектировании ЦФ.
15. Методы билинейного преобразования при проектировании ЦФ.
16. Структура программы ЦФ на основе сигнального процессора. Погрешности ЦФ.
17. Потенциальные возможности цифровых фильтров. Предельное быстродействие и пути его повышения.

#### **6.1.4. Контрольные вопросы по СРС**

1. Проблемы дискретизации и квантования сигналов при цифровом радиоприеме.
2. Выбор частоты дискретизации в теории.
3. Как выбрать частоту дискретизации при проектировании приборов для цифровой обработки сигналов?
4. Зачем нужна децимация выборок сигнала?
5. Представление радиосигналов в виде квадратурных составляющих.
6. Структура радиоприемного устройства с цифровой обработкой сигналов (на основе квадратурных каналов).
7. Как реализуется интерполяционный фильтр?
8. Анализ спектра на основе ДПФ. АЧХ «гребенки» фильтров
9. Роль «окон» при спектральном анализе. Эффект «растекания» спектра и
10. «маскировки». Этапы спектрального анализа.
11. Нерекурсивные фильтры. Описывающие уравнения и основные характеристики ( СФ, ЧХ, ДПХ ).
12. Метод инвариантности при проектировании ЦФ.
13. Методы билинейного преобразования при проектировании ЦФ.
14. Обобщенная схема цифрового спектроанализатора «скачущее » БПФ.

15. Схема анализатора спектра на основе «гребенки» фильтров.
16. Реализация радиосистем различного назначения (связных, радиолокационных, радионавигационных) на основе обобщенной структуры системы с цифровой обработкой сигналов.
17. Цифровые устройства первичной обработки радиолокационной информации.
18. Цифровые устройства вторичной обработки радиолокационной информации.
19. Цифровая обработка биоэлектрических сигналов.
20. Структура цифрового комплекса биомедицинских исследований.

## 6.2. Вопросы к экзамену

1. Особенности, достоинства и области использования ЦОС. Технические средства и программное обеспечение систем с ЦОС.
2. Обобщенная структура радиосистемы с цифровой обработкой информации.
3. Разновидности РЭС с ЦОС.
4. Дискретизация непрерывных сигналов. Примеры естественной и искусственной дискретизации.
5. Типовые дискретные последовательности (ДП). Модуль, аргумент, энергия и мощность ДП. Ортогональность и комплексная сопряженность ДП. Векторное отображение ДП.
6. Представление типовых непрерывных и дискретных сигналов в  $p$ -плоскости.
7. Спектр дискретизированного сигнала.
8. Эффект наложения спектров при дискретизации.
9. Сущность и свойства  $Z$ -преобразования.  $Z$ -преобразования типовых сигналов.
10. Организация вычислительного процесса ДПФ. Оценка вычислительных затрат.
11. Децимация и интерполяция выборок посредством цифровых фильтров.
12. Сопоставление спектров непрерывных и дискретных сигналов и спектра ДПФ.
13. Обобщение отображение сигналов в координатах  $\omega$ ,  $p = b + j\omega$ ,  $z = \exp(pT)$ .
14. Разновидности спектров ДПФ и их особенности.
15. Перестановка входных данных при БПФВ. Блок-схема алгоритма.
16. Организация БПФЧ при произвольном  $N$ .
17. Сопоставление дискретных и непрерывных линейных систем фильтрации.

18. Алгоритм функционирования и свойства линейных дискретных фильтров(ДЛФ) и их соединения. Основные структуры ДЛФ и их соединения.
19. Анализ НФ1-го порядка. Характеристики НФ1.
20. НФ1 - дискретный дифференциатор.
21. НФ1- режекторный фильтр.
22. НФ 2-го порядка. Характеристики НФ2.
23. Алгоритм и коэффициенты передачи рекурсивного фильтра (РФ).
24. РФ 1-го порядка и его характеристики.
25. РФ1 - дискретный интегратор.
26. РФ 2-го порядка и его характеристики.
27. Проектирование ЦФ с использованием весовых «окон».
28. Проектирование ЦФ методом частотной выборки.
29. Метод инвариантности при проектировании ЦФ.
30. Методы билинейного преобразования при проектировании ЦФ.

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

### **7.1. Основная литература**

1. Матвеев, Ю.Н. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Спб. НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2013. — 166 с.
2. Запись цифровых аудио- и видеосигналов: / Лишин Л.Г., Попов О.Б. Издательство Горячая линия – Телеком, 2013. — 250с.
3. Шестеркин, А.Н. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10 [Электронный ресурс] – М.: ДМК Пресс, 2012. - 360 с. - ISBN 978-5-94074-756-7.

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Методы цифровой многопроцессорной обработки ансамблей радиосигналов [Электронный ресурс] / Литюк В.И., Литюк Л.В. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 590 с.

2. Дискретная математика: Практическая дискретная математика и математическая логика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.Ф. Тюрин, Ю.А. Аляев. - М. : Финансы и статистика, 2012.

3. Цифровая фильтрация и синтез цифровых фильтров / Яковлев А.Н., Соколова Д.О. - Новосибир.: НГТУ, 2012. - 64 с.: ISBN 978-5-7782-1964-9.

### **7.3. Периодические издания**

#### **Отечественные журналы:**

- Цифровая обработка сигналов.
- Радиотехника и электроника;
- Компоненты и технологии

#### **Интернет – ресурсы:**

[www.niiet.ru/chips/microcontrollers](http://www.niiet.ru/chips/microcontrollers)

<http://www.eltech.spb.ru/catalog/mikrokontrollery>

<http://www.compel.ru/>

<http://www.znanium.com>

<http://e.lanbook.com>

<http://www.studentlibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 335-3);
- наборы слайдов по всем лекциям (от 5 до 20 слайдов по каждой лекции);
- 13 компьютеров в лаборатории 306-3 со специализированным программным обеспечением виртуальных приборов и средств проектирования микропроцессоров PIC, ARM 7, Blackfin;
- Программные пакеты для моделирования и программирования микропроцессорных средств Multisim 10 и LabVIEW 8.20, а также свободно распространяемое программное обеспечение для проектирования микропроцессорного ПО MPLab IDE;
- демонстрационные платы для изучения микропроцессоров PIC, ARM 7, Blackfin.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО  
по направлению **11.03.01 Радиотехника**

Рабочую программу составил Давыдов Г.Д. Давыдов Г.Д.  
(ФИО, подпись)

Рецензент - Ген. Директор ВБК «Радиосвязь» к.т.н. Богданов А.Е. А.Е. Богданов  
(представитель работодателя) (место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_

Протокол № 12 от 30.03.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) ОР Никитин

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

Протокол № 9 от 31.03.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) ОР Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 15/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 09.09.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) ОР Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 09.09.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) ОР Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 17/18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.03.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) ОР Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа одобрена на 18/19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 17 от 4.09.18 года

Заведующий кафедрой   

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 \_\_\_\_\_