

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 27 » 06 2019 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ОБРАБОТКА РАДИОСИГНАЛОВ В ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВАХ

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки Электронные цифровые устройства

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
7	5/180	18	18	18	99	экзамен (27)
Итого	5/180	18	18	18	99	экзамен (27)

Владимир 2019

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

\_\_\_\_\_ А.А.Панфилов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

ОБРАБОТКА РАДИОСИГНАЛОВ В ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВАХ

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки Электронные цифровые устройства

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
7	5/180	18	18	18	99	экзамен (27)
Итого	5/180	18	18	18	99	экзамен (27)

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины "Обработка радиосигналов в цифровых устройствах" являются:

- изучение алгоритмов и структур дискретной и цифровой фильтрации аппаратным и программными методами;
- освоение цифровых методов реализации типовых процедур обработки сигналов;
- формирование практических навыков в технике проектирования микропроцессорных устройств обработки радиосигналов, необходимых для применения в научно-исследовательской деятельности.

Задачи: подготовка к профессиональной деятельности в областях эксплуатации, проектирования и научной деятельности с применением средств микропроцессорной техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Обработка радиосигналов в цифровых устройствах» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Пререквизиты дисциплины: иностранный язык, физика, основы теории цепей, материалы и компоненты электронной техники, микропроцессорные устройства, радиоприемные устройства, радиопередающие устройства.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП.

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	Частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основы физики;</li><li>- основы математического анализа сигналов.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выполнить прямое и обратное преобразование Фурье;</li><li>- выполнять преобразования с комплексными переменными.</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- методикой использования персональных компьютеров и сигнальных микропроцессоров для исследования цифровых методов обработки сигналов низкой и высокой частоты;</li></ul>

	Неполное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основы физики;</li><li>- основы математического анализа сигналов.</li><li>- основы и преимущества цифровой обработки сигналов.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выполнить прямое и обратное преобразование Фурье;</li><li>- выполнять преобразования с комплексными переменными;</li><li>- представить графически основные процессы фильтрации и преобразования сигналов..</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- методикой использования персональных компьютеров и сигнальных микропроцессоров для исследования цифровых методов обработки сигналов низкой и высокой частоты;</li></ul>
	Полное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основы физики;</li><li>- основы математического анализа сигналов.</li><li>- основы и преимущества цифровой обработки сигналов.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- выполнить прямое и обратное преобразование Фурье;</li><li>- выполнять преобразования с комплексными переменными;</li><li>- представить графически основные процессы фильтрации и преобразования сигналов..</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- методикой использования персональных компьютеров и сигнальных микропроцессоров для исследования цифровых методов обработки сигналов низкой и высокой частоты;</li><li>- основами спектрального и Z-преобразования.</li></ul>
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и	Частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основы теории цифровой обработки сигналов;</li><li>- основы теории дискретных и цифровых преобразований сигналов;</li><li>- современные тенденции развития цифровых устройств и систем.</li></ul>

<p>представления полученных данных</p>	<p>Неполное освоение</p>	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с персональными компьютерами;</li> <li>- проводить анализ результатов обработки сигналов и экспериментальных данных;</li> <li>- применять действующие стандарты, программы и инструкции при выполнении работ</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологией использования персональных компьютеров и сигнальных микропроцессоров для исследования цифровых методов обработки сигналов низкочастотной и высокочастотной природы;</li> <li>- методологией разработки алгоритмов и управляющих программ микропроцессорных узлов.</li> </ul> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории цифровой обработки сигналов;</li> <li>- основы теории дискретных и цифровых преобразований сигналов;</li> <li>- современные тенденции развития цифровых устройств и систем.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с персональными компьютерами;</li> <li>- проводить анализ результатов обработки сигналов и экспериментальных данных;</li> <li>- применять действующие стандарты, программы и инструкции при выполнении работ;</li> <li>- выбирать технические средства и методы обработки результатов</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологией использования персональных компьютеров и сигнальных микропроцессоров для исследования цифровых методов обработки сигналов низкочастотной и высокочастотной природы;</li> <li>- методологией разработки алгоритмов и управляющих программ микропроцессорных узлов;</li> <li>- методологией экспериментальных исследований и основными приемами обработки данных.</li> </ul>
--	--------------------------	--

	Полное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы теории цифровой обработки сигналов;</li> <li>- основы теории дискретных и цифровых преобразований сигналов;</li> <li>- современные тенденции развития цифровых устройств и систем;</li> <li>- основные методы аппаратной, программной и програмно-аппаратной реализации устройств обработки сигналов, включая проблемы обработки радиосигналов.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с персональными компьютерами;</li> <li>- проводить анализ результатов обработки сигналов и экспериментальных данных;</li> <li>- применять действующие стандарты, программы и инструкции при выполнении работ;</li> <li>- выбирать технические средства и методы обработки результатов;</li> <li>- проектировать устройства цифровой фильтрации.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологией использования персональных компьютеров и сигнальных микропроцессоров для исследования цифровых методов обработки сигналов низкочастотной и высокочастотной природы;</li> <li>- методологией разработки алгоритмов и управляющих программ микропроцессорных узлов;</li> <li>- методологией экспериментальных исследований и основными приемами обработки данных;</li> <li>- средствами анализа эффективности цифровых фильтров.</li> </ul>
ПК-1. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Частичное освоение	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику работы с основными пакетами моделирования LabVIEW, Multisim, Matlab.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать технические средства и методы обработки результатов;</li> <li>- корректно представить результаты моделирования.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техникой работы с основными пакетами моделирования LabVIEW, Multisim, Matlab.</li> </ul>

	<p>Неполное освоение</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику работы с основными пакетами моделирования LabVIEW, Multisim, Matlab;</li> <li>- основы теории дискретных и цифровых преобразований сигналов</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать технические средства и методы обработки результатов;</li> <li>- корректно представить результаты моделирования.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техникой работы с основными пакетами моделирования LabVIEW, Multisim, Matlab.</li> <li>- методологией экспериментальных исследований и основными приемами обработки данных.</li> </ul>
	<p>Полное освоение</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику работы с основными пакетами моделирования LabVIEW, Multisim, Matlab;</li> <li>- теорию дискретных и цифровых преобразований сигналов в полном объеме;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать технические средства и методы обработки результатов;</li> <li>- корректно представить результаты моделирования;</li> <li>- синтезировать фильтр-прототип и цифровой фильтр;</li> <li>- оценить устойчивость цифрового фильтра с использованием Z-преобразования.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техникой работы с основными пакетами моделирования LabVIEW, Multisim, Matlab.</li> <li>- методологией экспериментальных исследований и основными приемами обработки данных.</li> <li>- техникой спектрального анализа дискретных сигналов на основе Z-преобразования.</li> </ul>

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Общие сведения о цифровой обработке сигналов в цифровых устройствах	7	1	2	2		3	1/25%	
2	Дискретизация сигналов по времени. Спектры дискретных сигналов	7	3	2	2		12	1/25%	
3	Типовая структура системы цифровой обработки сигналов	7	5	2	2		12	1/25%	Рейтинг-контроль №1
4	Дискретное преобразование Фурье	7	7	2	2	4	12	3/38%	
5	Быстрое преобразование Фурье	7	9	2	2		12	1/25%	
6	Z- преобразование дискретных последовательностей и его свойства	7	11	2	2		12	1/25%	Рейтинг-контроль №2
7	Нерекурсивные цифровые фильтры	7	13	2	2	8	12	4/33%	
8	Рекурсивные цифровые фильтры	7	15	2	2	4	12	3/38%	
9	Микропроцессоры и программирование для цифровой обработки сигналов	7	17	2	2	2	12	2/33%	Рейтинг - контроль №3
Всего за 7-й семестр:				18	18	18	99	17/31%	экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП КР									
Итого по дисциплине				18	18	18	99	17/31%	экзамен (27)

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

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Общие сведения о цифровой обработке сигналов (ЦОС) в цифровых устройствах.

Тема 1. Преимущества ЦОС перед аналоговой обработкой.

Тема 2. Общая структура системы цифровой связи.

Раздел 2. Дискретизация сигналов по времени. Спектры дискретных сигналов.

Тема 1. Процесс дискретизации аналоговых сигналов.

Тема 2. Спектр дискретизированного сигнала.



Раздел 3. Типовая структура системы цифровой обработки сигналов.

Тема 1. Структура передатчика.

Тема 2. Структура приемника.

Тема 3. Антиалиазинговый фильтр.

Раздел 4. Дискретное преобразование Фурье.

Тема 1. Спектр непрерывного сигнала.

Тема 2. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.

Раздел 5. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Тема 1. Свойства преобразования Фурье.

Тема 2. БПФ с прореживанием по частоте.

Раздел 6. Z- преобразование дискретных последовательностей и его свойства.

Тема 1. Прямое Z- преобразование.

Тема 2. Обратное Z- преобразование.

Раздел 7. Нерекursивные цифровые фильтры.

Тема 1. Фильтр скользящего среднего.

Тема 2. КИХ-фильтр.

Раздел 8. Рекурсивные цифровые фильтры.

Тема 1. БИХ-фильтр - форма алгоритма 1.

Тема 2. БИХ-фильтр - форма алгоритма 2.

Раздел 9. Микропроцессоры и программирование для цифровой обработки сигналов.

Тема 1. Современные процессоры для ЦОС.

Тема 2. Особенности алгоритмов для ЦОС.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

Раздел 1. Общие сведения о цифровой обработке сигналов (ЦОС) в цифровых устройствах.

Тема 1. Типовые операции в системе цифровой связи.

Раздел 2. Дискретизация сигналов по времени. Спектры дискретных сигналов.

Тема 1. Теорема Котельникова.

Тема 2. Эффект наложения спектров.

Раздел 3. Типовая структура системы цифровой обработки сигналов.

Тема 1. Обработка цифровых сигналов в передатчике.

Тема 2. Обработка цифровых сигналов в приемнике.

Тема 3. Восстановление сигналов.

Раздел 4. Дискретное преобразование Фурье.

Тема 1. Спектры дискретных сигналов.

Тема 2. Прямое и обратное дискретное преобразование.

Раздел 5. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Тема 1. БПФ с прореживанием по времени.

Тема 2. Алгоритм бит-реверсивного прореживания.

Раздел 6. Z- преобразование дискретных последовательностей и его свойства.

Тема 1. Свойства Z- преобразования.

Раздел 7. Нерекурсивные цифровые фильтры.

Тема 1. Определение коэффициентов КИХ-фильтра.

Тема 2. Функция передачи КИХ-фильтра.

Раздел 8. Рекурсивные цифровые фильтры.

Тема 1. Функция передачи БИХ-фильтра.

Тема 2. Анализ устойчивости БИХ-фильтра средствами Z-преобразования.

Раздел 9. Микропроцессоры и программирование для цифровой обработки сигналов.

Тема 1. Структура процессора для ЦОС.

Тема 2. Особенности алгоритмов для ЦОС.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

Раздел 2. Дискретизация сигналов по времени. Спектры дискретных сигналов.

Тема 1. Процесс дискретизации аналоговых сигналов.

Тема 2. Спектр дискретизированного сигнала.

Раздел 7. Нерекурсивные цифровые фильтры.

Тема 1. Моделирование фильтра скользящего среднего.

Тема 2. Проектирование КИХ-фильтра.

Тема 3. Моделирование КИХ-фильтра.

Тема 4. Исследование характеристик фильтра скользящего среднего и КИХ-фильтра.

Раздел 8. Рекурсивные цифровые фильтры.

Тема 1. Проектирование БИХ-фильтра.

Тема 2. Исследование характеристик БИХ-фильтра.

Раздел 9. Микропроцессоры и программирование для цифровой обработки сигналов.

Тема 1. Программирование процессора для ЦОС.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «*наименование*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (Раздел 2, темы № 1 и 3; Раздел 3, темы № 1 и 2; Раздел 4, темы № 1 и 2; Раздел 6, темы № 2 и 3);
- Анализ ситуаций (Раздел 4, тема № 2);
- Применение имитационных моделей (Разделы № 3, 4, 7).

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

### 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.

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

### 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.

### 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.

### 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. 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 р-плоскости.
8. Спектр дискретизированного сигнала.
9. Эффект наложения спектров при дискретизации.
10. Сущность и свойства Z-преобразования. Z-преобразования типовых сигналов.

12. Вычисление обратного Z-преобразования с примерами.
13. Организация вычислительного процесса ДПФ. Оценка вычислительных затрат.
14. Сопоставление спектров непрерывных и дискретных сигналов и спектра ДПФ.
15. Обобщение отображение сигналов в координатах  $\omega$ ,  $p = \sigma + j\omega$ ,  $z = \exp(pT)$ .
16. Разновидности спектров ДПФ и их особенности.
17. Перестановка входных данных при БПФВ. Блок-схема алгоритма.
18. Организация БПФЧ при произвольном N.
19. Сравнение вычислительных затрат при ДПФ и БПФ.
20. Сопоставление дискретных и непрерывных линейных систем фильтрации.
21. Алгоритм функционирования и свойства линейных дискретных фильтров (ДЛФ) и их соединения. Основные структуры ДЛФ и их соединения.
22. Нерекурсивные фильтры. Описывающие уравнения и основные характеристики (СФ, ЧХ, ДПХ).
23. Анализ НФ1-го порядка. Характеристики НФ1.
24. НФ1 - дискретный дифференциатор.
25. НФ1- режекторный фильтр.
26. НФ 2-го порядка. Характеристики НФ2.
27. Алгоритм и коэффициенты передачи рекурсивного фильтра (РФ).
28. РФ 1-го порядка и его характеристики.
29. РФ1 - дискретный интегратор.
30. РФ 2-го порядка и его характеристики.
31. Проектирование ЦФ с использованием весовых «окон».
32. Проектирование ЦФ методом частотной выборки.
33. Метод инвариантности при проектировании ЦФ.
34. Методы билинейного преобразования при проектировании ЦФ.
35. Структура программы ЦФ на основе сигнального процессора. Погрешности ЦФ, связанная с разрядностью и способом представления чисел в процессоре.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
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.	2013	-	WWW.znanium.com
2. Запись цифровых аудио- и видеосигналов: / Лишин Л.Г., Попов О.Б. Издательство Горячая линия – Телеком. 2013. — 250с.	2013	-	e.lanbook.com

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. .	2012		
Дополнительная литература			
1. Методы цифровой многопроцессорной обработки ансамблей радиосигналов [Электронный ресурс] / Литюк В.И., Литюк Л.В. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 590 с.	2009		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980033033.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980033033.html</a>
2. Микушин, А. В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Сединин. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 832 с.: ил. — (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0417-1.	2010		
4. Волович, Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств: учебное пособие. — М. : Додэка-XXI, 2011. — 528 с.	2011		

## 7.2. Периодические издания

### Отечественные журналы:

- Известия высших учебных заведений. Электроника
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Компоненты и технологии
- Цифровая обработка сигналов.

## 7.3. 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.znaniyum.com>  
<http://e.lanbook.com>  
<http://www.studentlibrary.ru/>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий:


лекционного типа - кафедральные мультимедийные аудитории 301-3 и 335-3;  
занятий практического/лабораторного типа – компьютерный класс ауд. 306.

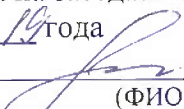
Практические/лабораторные работы проводятся в компьютерном классе - ауд. 306.

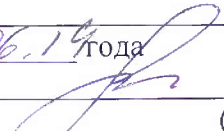
Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- программный пакет для моделирования и программирования Multisim 10.0;
- программный пакет для моделирования и LabVIEW 8.20;
- операционная система Windows.

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

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

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
Протокол № 18 от 26.06.14 года  
Заведующий кафедрой  О.Р. Никитина  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления \_\_\_\_\_  
Протокол № 4 от 24.06.14 года  
Председатель комиссии  О.Р. Никитина  
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.21 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 \_\_\_\_\_



