

**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  
Директор ИИТР  
А.А. Галкин  
2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Обработка радиосигналов в цифровых устройствах»

**направление подготовки:**

«Радиотехника»

**направленность (профиль) подготовки:**

Радиотехнические устройства и системы

г. Владимир  
Год 2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Обработка радиосигналов в цифровых устройствах» является освоение цифровых методов реализации типовых структур обработки сигналов и формирование практических навыков проектирования цифровых устройств для обработки радиосигналов.

Задачи: подготовка к профессиональной деятельности в области эксплуатации и проектирования цифровых устройств обработки сигналов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

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

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации  УК-1.2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности  УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	Знает сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, создавать опасности и угрозы, возникающие при этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности; Умеет применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики и использовать основные приемы обработки экспериментальных данных Владеет навыками сбора и анализа информации для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов и практической работы с лабораторными макетами аналоговых и цифровых устройств.	Тестовые вопросы  Практико-ориентированные задания
ПК-3 Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов	ПК-3.1 Знает принципы работы, устройство, технические возможности контрольно-измерительного и диагностического оборудования. ПК-3.2. Умеет использовать оборудование для диагностирования и	Знает основные типы и характеристики применяемого контрольно-измерительного и диагностического оборудования.  Умеет проводить контрольные тесты сложных функциональных устройств с использованием типового	Тестовые вопросы  Практико-ориентированные задания

	устранения неисправностей, возникших при эксплуатации сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры. ПК-3.3. Владеет навыками устранения неисправностей, приводящих к возникновению неработоспособного состояния сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры.	контрольно-измерительного оборудования.  Владеет навыками ремонтно-технического плана для устранения неисправностей используемого оборудования.	
--	--	---	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов.

##### Тематический план форма обучения - очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1.	Введение.	7	1	1					
2.	Общие сведения о цифровой обработке сигналов в цифровых устройствах	7	2,3	2				10	
3.	Дискретизация сигналов по времени. Спектры дискретных сигналов	7	4,5	2	6	4	3	10	
4.	Типовая структура системы цифровой обработки сигналов	7	6,7	2				10	Рейтинг-контроль 1
5.	Дискретное преобразование Фурье	7	8,9	2	6	6	3	15	
6.	Быстрое преобразование Фурье	7	10,11	2			2	15	
7.	Z-преобразование дискретных после-	7	12,13	2	6	4	2	14	Рейтинг-контроль 2

	довательностей и его свойства								
8.	Нерекурсивные цифровые фильтры	7	14,15	2		4		10	
9.	Рекурсивные цифровые фильтры	7	16,17	2				10	
10	Перспективы развития техники цифровой обработки радиосигналов	7	18	1				5	Рейтинг-контроль 3
Всего за 7 семестр				18	18	18		90	Зачет
Итого по дисциплине				18	18	18		90	Зачет

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Раздел 1.

Тема 1. Значение и место курса.

Роль цифровой обработки радиосигналов в общей обработке информационных массивов.

Тема 2. Основные понятия и термины. Историческая справка.

Этапы развития цифровой обработки радиосигналов.

#### Раздел 2.

Тема 1. Преимущества цифровой обработки радиосигналов в цифровых устройствах

Направления реализации выигрыша при переходе к цифровой обработке радиосигналов.

Тема 2. Общая структура системы цифровой связи.

Особенности реализации блоков в общей структуре системы цифровой обработки.

#### Раздел 3.

Тема 1. Процесс дискретизации аналоговых сигналов.

Свойства результата дискретизации аналоговых сигналов.

Тема 2. Спектр дискретизированного сигнала.

Структура спектра дискретизированного сигнала.

#### Раздел 4.

Тема 1. Структура передатчика.

Особенности передачи цифровых радиосигналов.

Тема 2. Структура приемника.

Особенности приема цифровых радиосигналов

Тема 3. Антиалиазинговый фильтр.

Назначение и результаты процесса антиалиазинга.

#### Раздел 5.

Тема 1. Спектр непрерывного сигнала.

Свойства спектра непрерывного сигнала.

Тема 2. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.

Процедура нахождения прямого и обратного дискретного преобразования Фурье.

#### Раздел 6.

Тема 1. Свойства преобразования Фурье.

Основные особенности дискретного преобразования Фурье, важные для практического применения.

Тема 2. Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по частоте.  
Преимущества быстрого преобразования Фурье при прореживании по частоте.

Раздел 7.

Тема 1. Прямое Z-преобразование.

Процедура и особенности прямого Z-преобразования.

Тема 2. Обратное Z-преобразование.

Процедура и особенности обратного Z-преобразования.

Раздел 8.

Тема 1. Фильтр скользящего среднего.

Реализация и свойства фильтра скользящего среднего.

Тема 2. КИХ –фильтр.

Свойства КИХ-фильтра.

Раздел 9.

Тема 1. БИХ-фильтры – форма алгоритма 1.

Особенности БИХ-фильтра при использовании алгоритма 1.

Тема 2. БИХ-фильтры – форма алгоритма 2.

Особенности БИХ-фильтра при использовании алгоритма 2.

Раздел 10.

Тема 1. Перспективы развития средств цифровой обработки радиосигналов.

Возможности и ограничения развития цифровой обработки радиосигналов.

### **Содержание практических работ о дисциплине**

Раздел 3.

Тема 1. Процесс дискретизации аналоговых сигналов.

Тема 2. Спектр дискретизированного сигнала.

Содержание практически занятий: Изучение особенностей процесса дискретизации аналоговых сигналов. Получение спектров основных видов дискретизированных сигналов.

Раздел 5.

Тема 1. Спектр непрерывного сигнала.

Тема 2. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.

Содержание практически занятий: Изучение особенностей процесса дискретного преобразования Фурье. Получение спектров основных видов сигналов, дискретизированных с помощью преобразования Фурье.

Раздел 7.

Тема 1. Прямое Z-преобразование.

Тема 2. Обратное Z-преобразование.

Содержание практически занятий: Практическое вычисление прямого и обратного Z-преобразования от основных видов сигналов.

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

Раздел 3.

Тема 1. Процесс дискретизации аналоговых сигналов.

Тема 2. Спектр дискретизированного сигнала.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине: Синтез дискретных спектров основных видов сигналов.

Раздел 5.

Тема 1. Спектр непрерывного сигнала.

Тема 2. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине: Получение дискретных спектров Фурье от основных видов сигналов.

Раздел 7.

Тема 1. Прямое Z-преобразование.

Тема 2. Обратное Z-преобразование.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине: Осуществление компьютерными методами прямого и обратного Z-преобразования от основных видов сигналов.

Раздел 8.

Тема 1. Фильтр скользящего среднего.

Тема 2. КИХ –фильтр.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине: Компьютерное моделирование прохождения сигналов через нерекурсивные фильтры.

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

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **Вопросы для рейтинг-контроля**

##### Рейтинг-контроль 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.
6. Типовые дискретные последовательности (ДП). Модуль, аргумент, энергия и мощность ДП, Ортогональность и комплексная сопряженность ДП. Векторное отображение ДП.
7. Представления типовых и дискретных сигналов.
8. Спектр дискретизированных сигналов.
9. Эффект наложения спектров при дискретизации.

##### Рейтинг-контроль 2

1. Сущность и свойства Z-преобразования. Z –преобразование типовых сигналов.
2. Влияние эффекта дискретизации на положение нулей и полюсов в Z-плоскости.
3. Взаимосвязь отображений в p- и Z-плоскостях.
4. Вычисление обратного Z- преобразования.
5. Определение ДПФ. Влияние массива данных на характер спектра ДПФ.
6. Матричная и векторная форма ДПФ.
7. Организация вычислительного процесса ДПФ.
8. Особенности спектров дискретизированных сигналов.

9. Сопоставление спектров непрерывных и дискретных сигналов и спектра ДПФ.
10. Обобщение отображения сигналов в координатах  $\omega$ ,  $p$ ,  $z$ .
11. Разновидности спектров ДПФ и их особенности.
12. Перестановка входных данных при БПФ. Блок схема алгоритмов.
13. Организация БПФЧ при произвольном  $N$ .
14. Сравнение вычислительных затрат при ДПФ и БПФ.

### Рейтинг-контроль 3

1. Сопоставление дискретных и непрерывных линейных систем фильтрации.
2. Основные структуры линейных дискретных фильтров (ДЛФ) и их соединения.
3. Нерекурсивные фильтры (НФ), описывающие уравнения и основные характеристики.
4. НФ первого порядка.
5. НФ – дискретный дифференциатор.
6. НФ – режекторный фильтр.
7. НФ второго порядка.
8. Алгоритм и коэффициентов передачи рекурсивного фильтра (РФ).
9. РФ первого порядка и его характеристики.
10. РФ – дискретный интегратор.
11. РФ второго порядка и его характеристики.
12. Проектирование цифровых фильтров с использованием весовых «окон».
13. Проектирование цифровых фильтров методом частотной выборки.
14. Метод инвариантности при проектировании цифровых фильтров.
15. Методы билинейного преобразования при проектировании цифровых фильтров.
16. Потенциальные возможности цифровых фильтров. Предельное быстродействие и пути его повышения.

## 5.2. Промежуточная аттестация

### Контрольные 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.
6. Представлении типовых и дискретных сигналов.
7. Спектр дискретизированных сигналов.
8. Сущность и свойства  $Z$ -преобразования.  $Z$  –преобразование типовых сигналов.
9. Влияние эффекта дискретизации на положение нулей и полюсов в  $Z$ -плоскости.
10. Организация БПФЧ при произвольном  $N$ .
11. Сравнение вычислительных затрат при ДПФ и БПФ.
12. Основные структуры линейных дискретных фильтров
13. Нерекурсивные фильтры (НФ), описывающие уравнения и основные характеристики.
14. Алгоритм и коэффициентов передачи рекурсивного фильтра (РФ).
15. РФ первого порядка и его характеристики.
16. РФ – дискретный интегратор.
17. РФ второго порядка и его характеристики.
18. Проектирование цифровых фильтров с использованием весовых «окон».
19. Проектирование цифровых фильтров методом частотной выборки.
20. Метод инвариантности при проектировании цифровых фильтров.
21. Методы билинейного преобразования при проектировании цифровых фильтров.

22. Потенциальные возможности цифровых фильтров. Предельное быстродействие и пути его повышения.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося

**Задания для СРС** (Подготовить развернутые сообщения по следующим вопросам)

1. Проблем дискретизации и квантования сигналов при цифровом радиоприеме
2. Теоретический выбор частоты дискретизации
3. Для какой цели нужна децимация выборок сигнала.
4. Структура радиоприемного устройства с цифровой обработкой сигналов на основе квадратурных каналов.
5. Способы реализации интерполяционного фильтра.
6. Анализ спектра на основе ДПФ.
7. Роль «окон» при спектральном анализе.
8. Нерекурсивные фильтры их уравнения и основные характеристики.
9. Метод инвариантности при проектировании цифровых фильтров.
10. Методы билинейного преобразования при проектировании цифровых фильтров.
11. Схема анализатора спектра на основе гребенчатого фильтра.
12. В чем заключаются ограничения при проектировании цифровых фильтров.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Книгообеспеченность

Наименование литературы, автор, название, вид издания, издательство	Год издания	Книгообеспеченность
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1. Матвеев Ю.Н. Цифровая обработка сигналов – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 166.	2013	www.znanium.com <a href="https://books.ifmo.ru/book/906/">https://books.ifmo.ru/book/906/</a>
2. А.Б.Сергиенко Цифровая обработка сигналов – СПб.: Питер, 2003. – 604. с.	2003	www.znanium.com <a href="http://static.ozone.ru/multimedia/book_file/1005735697.pdf">http://static.ozone.ru/multimedia/book_file/1005735697.pdf</a>
3. Айчфишер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. – М.: Изд.дом «Вильямс», 2004. – 992 с.	2004	e.lanbook.com <a href="https://search.rsl.ru/ru/record/01002579766">https://search.rsl.ru/ru/record/01002579766</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Шестеркин А.Н. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10 – М.: ДМК пресс, 2012. – 360 с.	2012	e.lanbook.com. <a href="https://search.rsl.ru/ru/record/01007566159">https://search.rsl.ru/ru/record/01007566159</a>
2. Микушин А.В. Цифровые устройства и микропроцессоры – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 832 с.	2010	www.studentlibrary.ru <a href="https://ru.bookxyz/book/2458617/66723f">https://ru.bookxyz/book/2458617/66723f</a>
3. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1978 – 2002. – 328 с.	2002	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a> <a href="https://booksee.org/book/445598">https://booksee.org/book/445598</a>



## **6.2 Периодические издания**

### **Отечественные журналы:**

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

### **Реферативные журналы:**

- Радиотехника;
- Электроника.

### **Зарубежные журналы:**

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

## **6.3. Интернет-ресурсы**

1. <http://www.edu.ru/>
2. <http://www.studentlibrary.ru/>
3. <http://www.bibliorossica.com/>
4. <http://znanium.com/>
5. <http://www.iprbookshop.ru/>
6. <http://www.mathworks.com/>
7. <https://exponenta.ru/matlab>

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

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного, практического и лабораторного типа.

Лекционные занятия проводятся в ауд. 301-3, 335-3.

Лабораторные и практические работы проводятся в ауд. 410-3, 306 3, 228-3.

Рабочую программу составил Полушин П.А. профессор каф. РТ и РС П.А. Полушин

Рецензент

ОАО «Владимирское КБ радиосвязи», Генеральный директор, А.Е.Богданов А.Е. Богданов

Программа одобрена на заседании каф. РТ и РС

Протокол № 18 от 26.06.2019

Заведующий кафедрой РТ и РС Никитин О.Р. О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.01 «Радиотехника»

Протокол № 4 от 24.06.2019 года

Председатель комиссии Никитин О.Р зав. каф. РТ и РС О.Р. Никитин

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.20 года

Заведующий кафедрой О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на 21/22 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.21 года

Заведующий кафедрой О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на 22/23 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 29.08.22 года

Заведующий кафедрой А.А. Жармеева

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины

«Обработка радиосигналов в цифровых устройствах»

образовательной программы направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника»

направленность: «Радиотехнические устройства и системы»

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой О.Р. Никитин