

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

Кафедра «Радиотехнические системы»

СОГЛАСОВАНО

Декан ФРТ



Холопов И.С.

« 25 » 06

2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОП и МД



Корячко А.В.

« 26 » 06

2020 г.



Руководитель ОПОП



Кириллов С.Н.

« 25 » 06

2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**Б1.В.01.10 «Цифровая обработка сигналов»**

Специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация

«Радиосистемы и комплексы управления»

Уровень подготовки

специалитет

Квалификация выпускника – инженер

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности)

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»,  
утвержденного 09.02.2018 № 94

Разработчик доцент кафедры РТС

 Косс В.П.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Э» 09 2020 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой РТС

 Кошелев В.И., д.т.н., проф.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы специалитета

Рабочая программа по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» является составной частью основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки специалистов 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы (уровень специалист), утвержденным приказом Минобрнауки России от 11.08.2016 г. № 1031.

**Цель изучения дисциплины:** формирование профессиональных знаний и навыков, необходимых для решения задач, связанных с проектной и научно-исследовательской деятельностью специалистов в области анализа и проектирования цифровых радиоэлектронных систем и устройств.

**Задачи изучения дисциплины:** изучение принципов представления аналогового сигнала в цифровой форме, изучение методов математического описания цифровых радиотехнических цепей и сигналов во временной и частотной областях, изучение методов анализа временных и частотных характеристик цифровых радиотехнических цепей и сигналов, изучение методов синтеза цифровых фильтров по заданным характеристикам.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Коды компетенций	Содержание Компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-7	Способность владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей	<u>Знать:</u> математические модели описания цифровых радиотехнических цепей и сигналов во временной и частотной областях. <u>Уметь:</u> выбирать параметры цифрового кодирования сигналов и разрабатывать структурные схемы цифровых радиотехнических цепей по заданным характеристикам. <u>Владеть:</u> методами анализа и расчета временных и частотных характеристик цифровых радиотехнических цепей.
ПК-4	Способность выбирать оптимальные проектные решения на всех этапах проектного процесса	<u>Знать:</u> методы синтеза цифровых фильтров по заданным характеристикам. <u>Уметь:</u> формулировать исходные данные для выбора оптимальных проектных решений <u>Владеть:</u> методиками расчета цифровых фильтров при синтезе цифровых фильтров по заданным характеристикам

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к вариативной части профессиональных дисциплин (Блок №1) основных образовательных программы (ООП) «Радиоэлектронные системы передачи информации», «Радиосистемы и комплексы управления», «Радионавигационные системы и комплексы», «Радиоэлектронная борьба»

по направлению подготовки специалистов 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

Дисциплина изучается по очной форме обучения на 4 курсе в 7 семестре.

Данная дисциплина базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами в ходе изучения курсов математика, основы теории цепей, радиотехнические цепи и сигналы, цифровые устройства и микропроцессоры.

Дисциплина является основой для дальнейшего изучения дисциплин профессионального цикла и подготовки выпускной работы.

### **3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

Семестр	6		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	24	24	24	24
Практические	8	8	8	8
Лабораторные работы	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	48,25	48,25	48,25	48,25
Сам. Работа	51	51	51	51
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	108	108	108	108

### **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видам учебных занятий**

#### **4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)**

##### **Тема 1. Введение в цифровую обработку сигналов. Сигналы и их преобразования при цифровой обработке**

Общая структурная схема цифровой обработки аналоговых сигналов. Математические модели дискретных сигналов. Спектр дискретных сигналов. связь между спектрами

дискретного и аналогового сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Дискретизация аналоговых сигналов с финитным спектром. Теорема отсчетов. Характеристики идеального фильтра нижних частот. Дискретизация аналоговых сигналов с неограниченным по частоте спектром. Явление подмены частот при дискретизации. Квантование сигналов по уровню. Шумы квантования. Цифровое кодирование сигналов.

### **Тема 2. Математическое описание и характеристики дискретных систем**

Методы математического описания линейных дискретных систем во временной области и алгоритмы цифровой фильтрации на их основе. Разностные уравнения, Импульсная характеристика. Дискретная временная свертка. Методы математического описания сигналов дискретных систем на комплексной плоскости (в частотной области). Z-преобразование. Тестовые последовательности дискретных систем. Передаточная функция и частотная характеристика дискретной системы. Связь между  $H(z)$  и  $h(n)$ .

### **Тема 3. Характеристики и структуры цифровых фильтров**

Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Разностные уравнения и структурные схемы цифровых фильтров. Передаточные функции рекурсивных фильтров. Нули и полюса передаточной функции. Критерий устойчивости. Нуль-полюсная форма передаточной функции. Частотные характеристики рекурсивных фильтров. Формы реализации рекурсивных фильтров, параллельная и последовательная (каскадная) формы реализации рекурсивных фильтров. Основные характеристики и свойства (АЧХ, ФЧХ, импульсная и переходная характеристики) БИХ-фильтров 1-го и 2-го порядка. Биквадратный фильтр второго порядка. Нерекурсивные (КИХ-) фильтры 1-го и 2-го порядка, основные характеристики и свойства.

### **Тема 4. Синтез цифровых фильтров по заданной частотной характеристике**

Общая методика синтеза рекурсивных фильтров по аналоговому прототипу. Метод билинейного преобразования. Численные методы синтеза цифровых фильтров. Синтез оптимальных КИХ-фильтров численным методом численным методом, полиномы Чебышева.

### **Тема 5. Синтез нерекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике**

Синтез КИХ-фильтров методом весовых функций. Прямоугольное окно, эффект Гиббса, D- фактор. Треугольное и обобщенное косинусное окно, семейство косинусных окон. Весовые функции Кайзера. Синтез нерекурсивных фильтров методом частотной выборки. Метод цифровой фильтрации на основе дискретного преобразования Фурье. Алгоритм цифровой фильтрации на основе дискретного преобразования Фурье.

#### **4.2.Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий(в академических часах).**

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			всего	лекции и	практические занятия	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение в цифровую	24	12	4	2	4	12

	обработку сигналов. Сигналы и их преобразования при цифровой обработке						
2	Математическое описание и характеристики дискретных систем	14	6	4	2	-	8
3	Характеристики и структуры цифровых фильтров	36	16	6	2	8	20
4	Синтез цифровых фильтров по заданной частотной характеристике	12	4	4	-	-	8
5	Синтез нерекурсивных фильтров по заданной частотной характеристике	24	12	6	2	4	12
	<b>Всего</b>	108	48	24	8	16	60

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине (рукописн.). Студентам предоставляются в электронной форме
2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине (рукописн.). Студентам предоставляются в электронной форме

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен в Приложении.

#### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

а) основная:

1. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекция / Авторы: А.И.Солонина, Д.А.Улахович, С.М.Арбузов, Е.Б.Соловьева - СПб.:БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.
2. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие для вузов/ А.Б.Сергиенко – СПб.: Питер, 2005 - 603 с.
3. Цифровая обработка сигналов. Учебное пособие для вузов/ Л.М.Гольденберг, Б.Д.Матюшкин, М.Н.Поляк – М.: Радио и связь, 1990. – 256 с.
4. Брюханов Ю.А. Цифровые цепи и сигналы: учеб. пособие – Ярославль: ЯрГУ, 2005. – 153 с.
5. А.Оппенгейм, Р.Шафер. Цифровая обработка сигналов. М.: Техносфера, 2006. – 856 с. (электронный ресурс: URL: <https://iprbookshop.ru/>)

б) дополнительная

1. Федосов В. П., Нестеренко А. К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW: учеб. пособие / под ред. В. П. Федосова. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 456 с.
2. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников / Стивен Смит; пер. с англ. А. Ю. Линовича, С. В. Витязева, И. С. Гусинского. - М.: Додэка-XXI, 2012. - 720 с.
3. Цифровая обработка сигналов: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / С.Н.Воробьев – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 320 с.
4. Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов: учеб. пособие. – М.: Техносфера, 2016. – 528 с. (электронный ресурс: URL: <https://iprbookshop.ru/>)

### **8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины**

Обучающимся предоставлена возможность индивидуального доступа к следующим электронно-библиотечным системам.

1. Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля. – URL: <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Эффективное освоение дисциплины предполагает постоянную работу с лекционным материалом и рекомендованной литературой. Целесообразно перед каждой лекцией просмотреть конспект предыдущей лекции с целью вспомнить изученный материал и быть готовым к восприятию нового. После лекции нужно просмотреть конспект, поправить неясные места, при необходимости дополнить. Полное понимание лекционного материала – залог успешного освоения дисциплины. При появлении трудностей не откладывать работу в долгий ящик, а обратиться за помощью к лектору.

Изучение лекций необходимо при подготовке к лабораторным работам, выполнению необходимых расчетов к ним и оформлению отчетов. Учебный график по дисциплине составлен так, что параллельно происходит изучение одного и того же материала на лекциях и в лабораторных работах. Материал, изучаемый на лабораторном занятии, может следовать за лекционным, а может и опережать его. В первом случае сначала нужно проработать лекцию, чтобы иметь более широкое представление, а потом изучить методические указания к лабораторной работе. Во втором случае основным источником информации являются методические указания к лабораторной работе. В разделе "Основные сведения" кратко изложено все, что необходимо знать для выполнения лабораторной работы. Этот раздел нужно внимательно проработать. Это будет способствовать в дальнейшем и лучшему восприятию лекции.

Выполнение каждой из запланированных работ заканчивается предоставлением отчета. Требования к форме и содержанию отчета приведены в методических указаниях к лабораторным работам. Отчет по лабораторной работе студент должен начать оформлять еще на этапе подготовки к ее выполнению. Допускаясь к лабораторной работе, каждый студент должен представить преподавателю «заготовку» отчета, содержащую оформленный титульный лист и выполненное домашнее. Чтобы сэкономить время при

выполнении работы, рекомендуется заранее подготовить и таблицу для записи результатов измерений. После выполнения лабораторной работы необходимо согласовать полученные результаты с преподавателем.

Важным этапом также является защита лабораторной работы. В процессе защиты студент отвечает на вопросы преподавателя, касающиеся теории изучаемого вопроса, комментирует полученные в ходе работы результаты. При подготовке к защите лабораторной работы рекомендуется пользоваться дополнительной литературой, список которой приведен в методическом описании, а также конспектом лекций. От того, насколько тщательно студент готовился к защите лабораторной работы, во многом зависит и конечный результат его обучения.

Практические занятия существенно дополняют лекции по дисциплине и позволяют совершенствовать практические навыки в решении задач цифровой обработки сигналов. В отведенные учебным планом аудиторные часы рассматриваются примеры решения практических задач по отдельным темам курса. В домашнем задании студенты самостоятельно решают типовые задачи по индивидуальным заданиям с предоставлением отчетов.

Экзамен – форма промежуточной проверки знаний, умений, навыков, степени освоения дисциплины.

Главная задача экзамена состоит в том, чтобы у студента из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем содержании соответствующей дисциплины, стала понятной методика предмета, его система. Готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, в лабораториях, на практических занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью.

Перед экзаменом назначается консультация. Цель ее – дать ответы на вопросы, возникшие в ходе самостоятельной подготовки. Здесь студент имеет полную возможность получить ответ на все неясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации весь курс. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний.

*Самостоятельная работа* включает в себя следующие этапы:

- изучение теоретического материала;
- выполнение заданий, предусмотренных лабораторным практикумом и практическими занятиями;
- самостоятельное изучение дополнительных информационных ресурсов;
- выполнение заданий текущего контроля успеваемости;
- итоговая аттестация по дисциплине.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

1. Лекционный курс – презентация в среде PowerPoint 2003 Microsoft Office;
2. Лабораторный практикум - Пакет программ LabVIEW 7.1.
3. Программное обеспечение для просмотра документов разных форматов и выполнения заданий:
  - Mozilla Firefox или Google Chrome;
  - Adobe Reader или Foxit Reader - для просмотра документов в формате .pdf,
  - Adobe Flash Player - для просмотра видео в формате .fla,



- Архиватор (WinRAR, 7zip и пр.),
- Офисный пакет (OpenOffice, MS Office).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Для лекционных занятий используется лекционная аудитория с компьютерным проектором – ауд. 324, ауд. 525 корп.2

2. Для лабораторных работ и практических занятий используется компьютерный класс с локальным сетевым оборудованием и выходом в глобальную сеть Интернет – ауд.501 – 503 корп.2.

Программу составил  
доцент кафедры РТС  
к.т.н., с.н.с.



В.П.Косс