

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Вычислительная и прикладная математика»

«СОГЛАСОВАНО»  
Директор ИМиА

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор РОПиМД

\_\_\_\_\_/ Бодров О.А.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

\_\_\_\_\_/ Корячко А.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_/ Овечкин Г.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_/ Пылькин А.Н.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.06 «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ»**

Направление подготовки  
09.04.04 Программная инженерия

Направленность (профиль) подготовки  
Разработка программно-информационных систем

Уровень подготовки  
магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Формы обучения – очная

Рязань 2020 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.04 «Программная инженерия», утвержденного приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 № 932.

Разработчик:  
проф. каф. ТОР

\_\_\_\_\_ Витязев В.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР

«28» июня 2019 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой ТОР  
д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_ Витязев В.В.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины являются формирование у студентов знаний основ теории и математического аппарата цифровой обработки сигналов (ЦОС), а также навыков их использования при построении современных телекоммуникационных систем. Эта цель достигается изучением теории, методов и алгоритмов преобразования и обработки сигналов в цифровых цепях с применением моделирующей среды MATLAB.

**Основные задачи** освоения учебной дисциплины:

- определить предмет и задачи информационных технологий реального времени;
- заложить основы теории цифровой обработки сигналов на примере проектирования цифровых фильтров частотной селекции и дискретных преобразований;
- изложить постановку и методику решения задачи аппроксимации в классе КИХ- и БИХ-цепей;
- научить методике анализа влияния собственных шумов и неточного представления весовых коэффициентов на качество работы систем ЦОС;
- дать представление о постановке и решение задачи оптимального проектирования систем ЦОС;
- ознакомить с основами теории двумерных цифровых цепей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» изучается по очной форме обучения на 1 курсе в 2 семестре; базируется на знаниях, полученных в ходе изучения следующих дисциплин: иностранный язык, математика, информатика, дискретная математика, теория вероятностей и математическая статистика, теория электрических цепей, вычислительная техника и информационные технологии.

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать:

- основные понятия и методы математического анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики;
- основы вычислительной математики и информатики;
- языки программирования (желательно, язык Си и MATLAB);
- основы теории дискретизации, ортогональных преобразований;
- иностранный (английский) язык.

уметь:

- применять методы математического анализа и дискретной математики для анализа характеристик динамических систем;

- применять математический аппарат теории вероятностей и математической статистики для анализа случайных процессов и статистических характеристик динамических систем;
- разрабатывать блок-схемы алгоритмов обработки сигналов;
- переводить технические тексты с иностранного языка.

**владеть навыками:**

- разработки программ общего назначения (желательно на языках Си и MATLAB);
- решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений;
- ортогональных преобразований, постановки и решения задачи аппроксимации;
- анализа временных и частотных характеристик динамических систем.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ПООП (при наличии) по данному направлению подготовки, а также компетенций (при наличии), установленных университетом.

#### **Рекомендуемые профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения (при наличии)**

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Обоснование (ПС, анализ опыта)
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Использование и разработка методов формализации и системный анализ, моделирование прикладных и информационных процессов алгоритмизации информационных процессов; анализ и обобщение результатов научно-исследовательской работы с использованием современных достижений науки и техники; работами в области создания программных систем; управление сервисами и информационными ресурсами в	Программное обеспечение Информационные системы Информационные технологии	ПК-1. Владение существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знать: основы теории и математического аппарата ЦОС, ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Уметь: применять методы и алгоритмы преобразования и обработки сигналов в цифровых сетях	06.017 Руководитель разработки программного обеспечения 06.003 Архитектор программного

информационных системах; исследование перспективных направлений ПО			ИД-З <sub>ПК-1</sub> Владеть: навы- ками создания программного обеспечения для анализа, распознавания и обработки информации, систем цифро- вой обработки	обеспе- чения 06.028 Систем- ный про- грам- мист
--	--	--	---	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 3 зачётные единицы (ЗЕ) или 108 часов.

Объем дисциплины	Всего часов
<b>Общая трудоёмкость дисциплины, в том числе:</b>	<b>108</b>
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	32,25
В том числе:	
Лекции	16
Лабораторные работы (ЛР)	16
Практические занятия (ПЗ)	-
Иная контактная работа (ИКР)	0,25
Консультация	-
2. Самостоятельная работа (СР)	67
3. Курсовой проект	-
4. Контроль	8,75
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	зачет

**4.2. Разделы дисциплины (модуля) и трудоёмкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№	Раздел дисциплины	Общая трудоёмкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем						Самостоятельная работа обучающихся	Контроль
			Всего	Лекции	ПЗ	ЛР	ИКР	Конс.		
<b>Семестр 2</b>										
1.	ЦОС - информати-	15	2	2		-			13	

	ка реального времени. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях									
2.	Математический аппарат описания линейных цифровых цепей и дискретных сигналов. Математические основы проектирования линейных цифровых фильтров в классе КИХ- и БИХ-цепей. Дискретное преобразование Фурье, алгоритм БПФ, быстрая свертка	42	24	8		16			18	
3.	Основы анализа эффектов квантования в цифровых цепях	22	4	4		-			18	
4.	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов	20	2	2		-			18	
5.	Экзамен	9	0,25				0,25			8,75
6.	<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>32,25</b>	<b>16</b>	-	<b>16</b>	<b>0,25</b>	-	<b>67</b>	<b>8,75</b>

### 4.3 Содержание дисциплины

#### 4.3.1 Лекционные занятия

№ п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	ЦОС – Информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях	2	ПК-1	зачет
2	Общее математическое описание цифровых цепей, инвариантных к сдвигу. Математический синтез ЦФ в классе КИХ-цепей. Постановка и решение задачи аппроксимации.	2	ПК-1	зачет
3	Z-преобразование и его свойства. БИХ-цепи: математическое описание и свойства. Постановка и решение задачи аппроксимации в классе БИХ-цепей	2	ПК-1	зачет
4	Методы построения структур	2	ПК-1	зачет

	БИХ-фильтров. БИХ-фильтры 1-го и 2-го порядка: основные характеристики и свойства			
5	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Быстрая свёртка на основе алгоритма ДПФ.	2	ПК-1	зачет
6	Шум АЦП. Модель шума квантования. Шум округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной точкой	2	ПК-1	зачет
7	Ограничение динамического диапазона в системах с фиксированной точкой. Квантование коэффициентов. Колебания предельных циклов	2	ПК-1	зачет
8	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов.	2	ПК-1	зачет

#### 4.3.2 Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма контроля
1	Синтез цифровых КИХ-фильтров и исследование их характеристик	4	ПК-1	зачет
2	Исследование прохождения сигналов через фильтр	4	ПК-1	зачет
3	Исследование цифровых фильтров с бесконечной импульсной характеристикой	4	ПК-1	зачет
4	Методы проектирования и программная реализация КИХ-фильтров	4	ПК-1	зачет

#### 4.3.4 Самостоятельная работа

№ п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции	Форма Контроля
1	ЦОС – Информатика реального времени. Предмет и задачи ЦОС в цифровых цепях	4	ПК-1	Экзамен
2	Общее математическое описание цифровых цепей, инвариантных к сдвигу. Математический синтез ЦФ в классе КИХ-цепей. Постановка и решение задачи аппроксимации.	8	ПК-3	Экзамен

3	Z-преобразование и его свойства. БИХ-цепи: математическое описание и свойства. Постановка и решение задачи аппроксимации в классе БИХ-цепей	10	ПК-1	Экзамен
4	Методы построения структур БИХ-фильтров. БИХ-фильтры 1-го и 2-го порядка: основные характеристики и свойства	10	ПК-1	Экзамен
5	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства. Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Быстрая свёртка на основе алгоритма ДПФ.	12	ПК-1	Экзамен
6	Шум АЦП. Модель шума квантования. Шум округления в цифровых фильтрах при представлении чисел с фиксированной точкой	9	ПК-1	Экзамен
7	Ограничение динамического диапазона в системах с фиксированной точкой. Квантование коэффициентов. Колебания предельных циклов	9	ПК-1	Экзамен
8	Математические основы описания двумерных цифровых цепей и сигналов.	14	ПК-1	Экзамен

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств приведен в Приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Цифровая обработка сигналов»)

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Основная литература:

1. Цифровые цепи и сигналы: учеб. пособие / В.В. Витязев; Рязан. гос. радиотехн.. ун-т. Рязань, 2012. 136 с.
2. Цифровая обработка сигналов и MATLAB: уч. пособие / А.И. Соломина, и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013, 512 с.
3. Цифровая обработка сигналов: Метод.указ.к лаб.работам. Ч.1 / Витязев В. В., Линович А. Ю., Товпенко А. В. ; РГРТА. - Рязань, 2003. - 32с.
4. Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов / А.Б. Сергиенко – СПб.: БВХ-Питер, 2005, 603 с.
5. Калачиков А.А. Математические основы цифровой обработки сигналов [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятия/ А.А. Калачиков— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет



телекоммуникаций и информатики, 2014.— 67 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55481.html>.— ЭБС «IPRbooks».

## **6.2 Дополнительная литература:**

- Алан Оппенгейм Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]/ Оппенгейм Алан, Шафер Рональд— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 1048 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26906.html>.— ЭБС «IPRbooks».
- Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]/ В.И. Гадзиковский— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2015.— 766 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/53863.html>.— ЭБС «IPRbooks».
- Щетинин Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.И. Щетинин— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 115 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44896.html>.— ЭБС «IPRbooks».
- Яковлев А.Н. Цифровая фильтрация и синтез цифровых фильтров [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.Н. Яковлев, Д.О. Соколова— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45192.html>.— ЭБС «IPRbooks».

## **6.3 Методические указания к практическим занятиям/лабораторным занятиям:**

1. Витязев, В.В. Цифровая обработка сигналов : Метод.указ.к лаб.работам. Ч.1 / РГРТА. - Рязань, 2003. - 32с. - Библиогр.:с.31(5 назв.). - б/ц.

## **6.4 Методические указания к курсовому проектированию (курсовой работе) и другим видам самостоятельной работы**

Изучение дисциплины «Цифровая обработка сигналов» проходит в течение 1 семестра. Основные темы дисциплины осваиваются в ходе аудиторных занятий, однако важная роль отводится и самостоятельной работе студентов.

Самостоятельная работа включает в себя следующие этапы:

- изучение теоретического материала (работа над конспектом лекции);
- самостоятельное изучение дополнительных информационных ресурсов (доработка конспекта лекции);
- выполнение заданий текущего контроля успеваемости (подготовка к практическому занятию);
- итоговая аттестация по дисциплине (подготовка к зачету и экзамену).

Работа над конспектом лекции: лекции – основной источник информации по предмету, позволяющий не только изучить материал, но и получить представление о наличии других источников, сопоставить разные способы решения задач и практического применения получаемых знаний. Лекции предоставляют возможность «интерактивного» обучения, когда есть возможность задавать преподавателю вопросы и получать на них ответы. Поэтому рекомендуется в день, предшествующий очередной лекции, прочитать конспекты двух предшествующих лекций, обратив особое внимание на содержимое последней лекции.

Подготовка к практическому занятию или лабораторной работе: состоит в теоретической подготовке (изучение конспекта лекций и дополнительной литературы) и выполнении практических заданий (решение задач, ответы на вопросы и т.д.). Во время самостоятельных занятий студенты выполняют задания, выданные им на предыдущем практическом занятии, готовятся к контрольным работам, выполняют задания типовых расчетов.

Доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы, интернет-ресурсов: этот вид самостоятельной работы студентов особенно важен в том случае, когда одну и ту же задачу можно решать различными способами, а на лекции изложен только один из них. Кроме того, рабочая программа по дисциплине предполагает рассмотрение некоторых относительно несложных тем только во время самостоятельных занятий, без чтения лектором.

Подготовка к зачету: основной вид подготовки – «свертывание» большого объема информации в компактный вид, а также тренировка в ее «развертывании» (примеры к теории, выведение одних закономерностей из других и т.д.).

#### **7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОМ-МУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) РГРТУ.
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks.

#### **8. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

На каждом персональном компьютере (как для студентов, так и для преподавателя) в учебной лаборатории должно быть установлено следующее программное обеспечение:

- 1) Операционная система Windows XP или Windows 7 Professional (DreamSpark Membership ID 700565238)
- 2) Kaspersky Endpoint Security (Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2922-190228-101204-557-1191, срок действия с 28.02.2019 по 07.03.2021)
- 3) Adobe Reader (PlatformClients\_PC\_WWEULA-ru\_RU-20110809-1357 – бессрочно)
- 4) LibreOffice (Mozilla Public Licence 2.0 – бессрочно)
- 5) MATLAB, Simulink, Communications Blockset (Transitioned), Communications System Toolbox, DSP System Toolbox, Filter Design Toolbox (Transitioned), Fixed-Point Designer, Signal Processing Toolbox (Concurrent Perpetual Classroom №283300 с 06.10.2009 – бессрочно)

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

Для освоения дисциплины необходимы следующие материально-технические ресурсы:

1) аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, оборудованная маркерной (меловой) доской;

2) аудитория для самостоятельной работы, оснащенная индивидуальной компьютерной техникой с подключением к локальной вычислительной сети и сети Интернет.

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень специализированного оборудования
1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 423	80 мест, 1 мультимедиа проектор, 1 экран, 1 компьютер, специализированная мебель, доска.
2	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий и лабораторных работ, №422 главного учебного корпуса	30 мест, 11 компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, 1 мультимедиа проектор, 1 экран, специализированная мебель, доска, стенды для проведения лабораторных работ. Возможность подключения к сети «Интернет» проводным способом и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ.

Программу составил  
д.т.н., зав. кафедрой  
«Телекоммуникаций и основ радиотехники»

В.В. Витязев

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Телекоммуникаций и основ радиотехники» (протокол №7 от 28.06.2019).

Зав. кафедрой ТОР

В.В. Витязев