

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

Институт радиоэлектроники и информационных технологий

(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

## УТВЕРЖДАЮ

### Директор института:

---

Мякиньков А.В.

подпись ФИО

**“10”июня 2021 г.**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ОД.8 Цифровая обработка сигналов

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки специалистов

Направление подготовки: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность: Радиолокационные системы и комплексы

Форма обучения: очная  
Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра ИРС

Кафедра-разработчик ИРС

Объем дисциплины 144/4  
часов/з.е.

## Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Кузин А.А., к.т.н., доцент

Нижний Новгород, 2021

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 февраля 2018 года № 94 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 10.06.2021 г. № 6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 03 июня 2021 г. № 9-1

Зав. кафедрой д.т.н., профессор, Рындык А.Г. \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, протокол от 10 июня 2021 г. № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.05.01-p-28  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом НТБ \_\_\_\_\_ Н.И. Кабанина  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Цель освоения дисциплины .....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>7</b>
4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам .....	7
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам .....	7
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ....</b>	<b>11</b>
5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности.....	11
5.2. Описание показателей и критерии контроля успеваемости, описание шкал оценивания	13
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>15</b>
6.1. Учебная литература .....	15
6.2. Справочно-библиографическая литература .....	15
6.3. Перечень журналов по профилю дисциплины:.....	15
6.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	15
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>16</b>
7.1. Перечень информационных справочных систем .....	16
7.2. Перечень свободно распространяемого программного обеспечения .....	16
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>17</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>17</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>18</b>
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	18
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	19
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	20
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на курсовой работе .....	20
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	20
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>20</b>
11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости.....	20
11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ и курсовой работы.....	21
11.1.2. Защита курсового проекта/работы.....	21
11.1.3. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена для студентов всех форм обучения в форме зачета с оценкой для студентов очно-заочной формы обучения во 2 семестре	21

# **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является развитие компетенций в области цифровой обработки сигналов, а также применение знаний и развитие умений и навыков в решении задач по основным темам дисциплины.

## **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)**

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» способствует подготовке студентов к решению следующих профессиональных задач:

- разработка алгоритмов и математических моделей в MATLAB;
- применение среды разработки для исследования математических моделей;
- проявление системного и алгоритмического мышления при составлении отчетов по лабораторным работам.

# **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Цифровая обработка сигналов» Б1.В.ОД.8включена в перечень дисциплин вариативной части и является обязательной для профиля направления подготовки «Радиоэлектронные системы». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на дисциплинах «Радиотехнические цепи и сигналы» и «Цифровые устройства и микропроцессоры» в объеме курса.

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Телевидение и радиотехника», «Цифровая аудио- и видеотехника», «Основы техники радиоприема», «Основы теории радиосистем передачи информации», а также производственной (преддипломной) практики.

# **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)<sup>1</sup>**

Таблица 1- Формирование компетенций по дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы ПКС-1											
Направляющие и колебательные системы СВЧ ПКС-1											
Основы компьютерного проектирования РЭС ПКС-1											
Радиоавтоматика ПКС-1											
Статистическая теория радиотехнических систем ПКС-1											
Основы техники радиоприёма ПКС-1											
Радиопередающие устройства ПКС-1											
Радиотехнические системы											

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B
<i>ПКС-1</i>											
<i>Функциональное моделирование ПКС-1</i>											
<i>Электропреобразовательные устройства РЭС ПКС-1</i>											
<i>Электропитание устройств систем телекоммуникаций</i>											
<i>Лабораторный практикум по проектированию интегральных модулей цифровой обработки ПКС-1</i>											
<i>Микроэлектронные устройства СВЧ ПКС-1</i>											
<i>Интегральная СВЧ схемотехника ПКС-1</i>											
<i>Научно-исследовательская работа ПКС-1</i>											
<i>Телевидение и видеотехника ПКС-1</i>											
<i>Цифровая аудио- и видеотехника ПКС-1</i>											
<i>Электронные СВЧ и квантовые приборы ПКС-1</i>											
<i>Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ ПКС-1</i>											
<i>Основы теории радиолокационных систем и комплексов ПКС-1</i>											
<i>Современные математические методы обработки сигналов ПКС-1</i>											
<i>Программные средства цифровой обработки сигналов ПКС-1</i>											
<i>Основы теории радионавигационных систем и комплексов ПКС-1</i>											
<i>Сетевые информационные технологии ПКС-1</i>											
<i>Основы теории радиосистем передачи информации ПКС-1</i>											
<i>Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы ПКС-1</i>											
<i>Цифровые процессоры и обработка сигналов ПКС-1</i>											
<i>Основы теории радиосистем и комплексов управления ПКС-1</i>											
<i>Преддипломная практика ПКС-1</i>											
<i>Выполнение и защита ВКР ПКС-1</i>											

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
		Планируемые результаты обучения по дисциплине	Текущего контроля	Промежуточной аттестации		
ПКС-1. Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестиирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и методы моделирования алгоритмов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации.	<b>Знать:</b> алгоритмы цифровой обработки сигналов и методы моделирования алгоритмов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации <b>Уметь:</b> разрабатывать математические модели алгоритмов цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах	<b>Владеть:</b> теорией цифровой обработки сигналов и технологиями автоматической обработки информации	Выполнение индивидуального задания	Вопросы для устного собеседования	
	ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществляет тестиирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.					
Освоение дисциплины причастно к ТФ С/02.6 (ПС 06.005 «Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник)», решает задачи настройки радиотехнических систем, построения моделей и моделирования объектов и процессов в радиоэлектронных устройствах, тестиирование радиоэлектронной аппаратуры.						

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. 144 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3.1 - Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		№8	
<b>Формат изучения дисциплины</b>			с использованием элементов электронного обучения
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>	
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	
<b>1.1. Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	
занятия лекционного типа (Л)	34	34	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практик. Занятия и др)			
лабораторные работы (ЛР)	17	17	
<b>1.2. Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	6	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	60	60	
Подготовка к экзамену (контроль)	27	27	
Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)			

### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1-Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
<b>8 семестр</b>											
ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	<b>Раздел 1. Введение в ЦОС. Дискретные модели сигналов и систем</b>				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2].						

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	<b>Тема 1.1</b> Основные понятия и направления ЦОС. Дискретное представление сигналов и систем	3			2	Подготовка к л.р. [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1].							
	<b>Тема 1.2</b> Спектральный анализ сигналов на основе дискретного преобразования Фурье	3			2								
	<b>Тема лабораторной работы: «Спектральный анализ на основе дискретного преобразования Фурье»</b>		5		14								
	<b>Работа по освоению 1 раздела:</b>	6	5		18								
	<b>реферат, эссе (тема)</b>												
	<b>расчётно-графическая работа (РГР)</b>												
	<b>контрольная работа</b>												
<b>Итого по 1 разделу</b>		<b>6</b>	<b>5</b>		<b>18</b>								
<b>Раздел 2. Цифровая фильтрация сигналов</b>						Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2].							
<b>Тема 2.1</b> Цифровые фильтры с конечной импульсной характеристикой		3			1								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
	<b>Тема 2.2</b> Цифровые фильтры с бесконечной импульсной характеристикой	2			1								
	<b>Тема лабораторной работы:</b> «Расчет и применение цифровых КИХ фильтров с линейной фазовой характеристикой и минимаксной ошибкой»		6		14	Подготовка к л.р. [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1].							
	<b>Тема 2.3</b> Многоскоростная обработка	5			1								
	<b>Тема 2.4</b> Интегратор-гребенчатые фильтры	3			1								
	<b>Тема лабораторной работы:</b> «Системы интерполяции и децимации»		6		14	Подготовка к л.р. [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1].							
	<b>Работа по освоению 2 раздела:</b>	11	6		32								
	<b>реферат, эссе (тема)</b>												
	<b>расчёто-графическая работа (РГР)</b>												
	<b>контрольная работа</b>												
	<b>Итого по 2 разделу</b>	22	12		32								
ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	<b>Раздел 3. Эффекты конечной разрядной сетки в цифровых системах</b>					Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.2.1], [6.2.2],							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)				
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)								
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия									
<b>Тема 3.1Анализ погрешностей в следствие ограниченной разрядной сетки</b>	3			5									
	<b>Тема 3.2.Расчет и моделирование цифровых фильтров с применением ограниченной разрядной сетки</b>	3			5								
	<b>Работа по освоению 3 раздела:</b>	6	6		10								
	<b>реферат, эссе (тема)</b>												
	<b>расчёто-графическая работа (РГР)</b>												
	<b>контрольная работа</b>												
	<b>Итого по 3 разделу</b>	2			10								
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	34	17		60								

## **5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

### **5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

Для выполнения процедур оценивания составлен паспорт оценочных средств

Таблица 5.1 - Паспорт оценочных средств (текущая аттестация)

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Лекционные занятия		Лабораторные работы		Самостоятельная работа	
			Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
<b>8 семестр</b>								
1	Введение в ЦОС. Дискретные модели сигналов и систем	ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение индивидуального задания	Лабораторная работа «Спектральный анализ на основе дискретного преобразования Фурье»	Выполнение домашних заданий	Домашние задания
2	Цифровая фильтрация сигналов	ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение индивидуального задания	Лабораторные работы: «Расчет и применение цифровых КИХ фильтров с линейной фазовой характеристикой и минимаксной ошибкой», «Системы интерполяции и децимации»	Выполнение домашних заданий	Домашние задания

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Лекционные занятия		Лабораторные работы		Самостоятельная работа	
			Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
3	Эффекты конечной разрядной сетки в цифровых системах	ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение индивидуального задания	Контрольная работа: «Расчет КИХ фильтра с конечной разрядной сеткой»	Выполнение домашних заданий	Домашние задания

Таблица 5.2 - Паспорт оценочных средств (промежуточная аттестация)

Наименование дисциплины	Формируемые компетенции	Знаниевая компонента		Деятельностная компонента	
		Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
«Цифровая обработка сигналов»	ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	Устное собеседование по вопросам	Вопросы к зачету	Разработка алгоритмов, моделей	Практические задания к зачету

Таблица 5.3 - Оценочные средства дисциплины, для промежуточной аттестации

	Формируемые компетенции	Номера заданий
1	ПКС-1 ИПКС-1.1, ИПКС-1.2	1-34

Комплект оценочных средств является неотъемлемой частью ФОС и хранится на кафедре «Информационные радиосистемы».

## 5.2.Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5.4- При текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ

Шкала оценивания	Экзамен
40<R≤50	Отлично
30<R≤40	Хорошо
20<R≤30	Удовлетворительно
0<R≤20	Неудовлетворительно

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-1. Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации.	Изложение учебного материала бессистемное, неполное	Изложение материала не полное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя.	Знает материал на достаточноном для бакалавра уровне; представляет основные задачи ЦОС в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения при разработке алгоритмов и структурных схем для моделирования	Освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
	ИПКС-1.2. Выполняет математическое моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществляет тестирование аппаратного и программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.	Не освоена среда моделирования MATLAB	Фрагментарные, поверхностные знания среды моделирования MATLAB	Знает среду моделирования MATLAB на достаточноном уровне	Имеет глубокие знания решения задач цифровой обработки данных с помощью среды моделирования MATLAB, имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины

Таблица 7 - Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1.Учебная литература

- 6.1.1. Оппенгейм А., Цифровая обработка сигналов.: Учеб. пособие / А.Оппенгейм, Р.Шафер.- М.: Техносфера, 2012 г
- 6.1.2. Сергиенко А.Б., Цифровая обработка сигналов: Учеб. пособие / А.Б.Сергиенко.- СПб.: БХВ-Петербург, 2011 г.
- 6.1.3. абинер Л., Гоулд Б., Теория и применения цифровой обработки сигналов.// -М. – Мир. -1978. - 545 с.

### 6.2.Справочно-библиографическая литература

#### — учебники и учебные пособия

- 6.2.1. Марпл С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990.
- 6.2.2. Андриянов А.В. Теория и применения цифровой обработки сигналов. Учебное пособие. Издательство НГТУ, 2008 г – 142с.

### 6.3.Перечень журналов по профилю дисциплины:

- 6.3.1. Научно-технический журнал "Цифровая обработка сигналов"  
<http://www.dspsa.ru/>
- 6.3.2. Журнал «Датчики и системы» <http://www.datsys.ru/>
- 6.3.3. Журнал «Signal processing». <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01651684>

### 6.4.Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине Цифровая обработка сигналов в бумажном варианте находятся на кафедре «Информационные системы», в библиотеке НГТУ им. Р.Е.Алексеева.Электронные варианты методических указаний по выполнению лабораторных работ отправляются на электронные адреса групп.

- 6.4.1. Спектральный анализ на основе Дискретного преобразования Фурье, Учебно-методическая разработка к лабораторной работе № 1 по курсу «Цифровая обработка сигналов» Для студентов всех форм обучения обучающихся по спе-

циальности «Радиотехника» / НГТУ; сост.: А.В.Андрянов, Н. Новгород, 2000.– 19 с.

- 6.4.2. Расчет и применение цифровых КИХ-фильтров с линейной фазовой характеристикой и минимаксной ошибкой, Учебно-методическая разработка к лабораторной работе № 2 по курсу «Цифровая обработка сигналов» Для студентов всех форм обучения обучающихся по специальности «Радиотехника» / НГТУ; сост.: А.В.Андрянов, Н. Новгород, 2000.– 19 с.
- 6.4.3. Цифровое представление, кодирование и фильтрация изображений, Учебно-методическая разработка к лабораторной работе № 2 по курсу «Цифровая обработка сигналов» Для студентов всех форм обучения обучающихся по специальности «Радиотехника» / НГТУ; сост.: А.В.Андрянов, Н. Новгород, 2000.– 19 с.

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом свободно распространяемого программного обеспечения (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1.Перечень информационных справочных систем

Таблица 8 -Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
2	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

### 7.2.Перечень свободно распространяемого программного обеспечения

Таблица 9.1 - Программное обеспечение, используемое студентами очного обучения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
	Linux <a href="https://www.linux.com/">https://www.linux.com/</a>
	OpenOffice (FreeWare) <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>

Таблица 9.2 - Программное обеспечение, используемое студентами очно-заочного, заочного обучения

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
WindowsXP, Prof, S/P3 (подписка DreamSparkPremium, договорот 21.10.14)	GNU Linux Slackware 14.2
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 64231296)	Adobe Acrobat Reader
Dr.Web (с/н B24l-3JB7-6EP7-BQB4 от	GNU Linux Slackware 14.2

<b>Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе</b>	<b>Программное обеспечение свободного распространения</b>
18.05.2020)	

### **Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

В таблице10указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 10 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

<b>№</b>	<b>Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы</b>	<b>Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-web-resursy-dlia-web-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-web-resursy-dlia-web-razrabotki-100-plus</a>

### **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ**

В таблице11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации»<https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 11 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

<b>№</b>	<b>Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ</b>	<b>Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования</b>
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы бакалавриата и проведения лабораторных работ для студентов очного обучения, включает в себя компьютерные классы НГТУ им. Р.Е.Алексеева (6 корпус НГТУ, аудитории 6342, 6339), оснащенные необходимым оборудованием, техническими и электронными средствами обучения и контроля знаний студентов: 12 рабочих места, оборудованных:

- процессор: CPU IntelCore i3-2120 3.3 GHz;
- материнская плата: Asusp8h61-MLX2;
- оперативная память: 4 Gb (2\*2Gb) DDR 3;
- жесткий диск: 500 Gb.

Пакеты ПО общего назначения (аудитории 6342, 6339):

- Windows 7;
- Linux ;
- OpenOffice .

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы бакалавриата и проведения лабораторных работ для студентов очно-заочного и заочного обучения, включает в себя компьютерный класс 1324 кафедры «Информационные радиосистемы», оснащенный необходимым оборудованием, техническими и электронными средствами обучения и контроля знаний студентов: 10 рабочих места, включающих персональные компьютеры, Intel Core3/4 Gb RAM/HDD 250, в составе локальной вычислительной сети, без подключения к интернету.

Пакеты ПО (лицензионное):

- Windows XP, Prof, S/P3 (подписка Dream Spark Premium, договорот 21.10.14);
- Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 64231296);
- Dr.Web (с/н B24l-3JB7-6EP7-BQB4 от 18.05.2020).

Пакеты ПО (распространяемое по свободной лицензии):

- GNU Linux Slackware 14.2;
- Adobe Acrobat Reader.

Также, для самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- аудитория 6543;
- аудитория 6545 (Проектор Accer – 1шт; ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19` – 11 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

При преподавании дисциплины «Цифровая обработка сигналов», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса может сопровождаться компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса и что дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Электронные материалы лекций в период дистанционного обучения отправляются по электронной почте на адреса групп и могут быть получены до чтения лекций и проработаны студентами в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнить уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием современных информационных технологий: электронная почта, Zoom.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с заданиями, вопросами, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически излагает учебный материал; справляется с заданиями, вопросами, требующими применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## 10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблицы 4.1, 4.2, 4.3). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### **10.4. Методические указания по освоению дисциплины на курсовой работе**

Выполнение курсовой работы не предусмотрено.

### **10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы, указанных в Разделе 9. В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- выполнение и защита лабораторных работ для студентов всех форм обучения;
- экзамен.

### 11.1.1. Типовые задания для лабораторных работ и курсовой работы

Типовые задания для лабораторных работ и курсовой работы приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ и курсовой работы.

### 11.1.2. Защита курсового проекта/ работы

Результаты защиты курсового проекта/ работы выставляются по пятибалльной системе оценивания ("отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно").

### 11.1.3. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена **для студентов всех форм обучения** в форме зачета с оценкой **для студентов очно-заочной формы обучения во 2 семестре**

1. Что такое линейная дискретная система?
2. Что такое линейная дискретная система с постоянными параметрами?
3. Что такое импульсная характеристика системы?
4. Запишите выражение для операции «свертка»
5. Какая система называется физически реализуемой?
6. Какая система называется устойчивой?
7. Запишите линейное разностное уравнение порядка M с постоянными коэффициентами для физически реализуемой системы
8. Что такое частотная характеристика системы?
9. Запишите разностное уравнение системы 1-го порядка
10. Запишите разностное уравнение системы 2-го порядка
11. Изобразите на рисунке связь между спектrogramмами непрерывного и дискретного сигналов
12. Запишите выражение для прямого z-преобразования
13. Что такое физически реализуемая последовательность?
14. Что такое физически нереализуемая последовательность?
15. Запишите соотношение между Z и Фурье преобразованием
16. Запишите выражение для обратного Z преобразования
17. Запишите выражение для прямого дискретного преобразования Фурье?
18. Перечислите известные вам свойства z-преобразования?
19. Что такое полюс и нуль функции H(z)?
20. Как работает алгоритм БПФ с прореживанием по времени?
21. Как формируются множители весового окна для алгоритма БПФ?
22. В чем заключается основная идея алгоритма БПФ?
23. Для чего используется алгоритм БПФ?
24. Поясните свойство симметрии ДПФ для последовательности действительных отсчетов?
25. Что такое БПФ с основанием 4?
26. За счет чего БПФ вычисляется быстрее прямого ДПФ?
27. Как вычислить БПФ последовательности длиной некратной степени 2?
28. Чем отличается БПФ с прореживанием по частоте и прореживанием по времени?
29. Что такое бит-реверсивная перестановка данных в БПФ?
30. Связь БПФ и ДПФ?
31. Сколько требуется операций умножения для БПФ от N точек?
32. Что такое БПФ?
33. Что такая каноническая дискретная модель объекта?
34. Как получить коэффициент передачи канонической модели объекта K(z)?

35. Что такое оператор сдвига?
36. Как осуществляется связь континуальной и дискретной моделей?
37. Запишите оператор сдвига, используя оператор дифференцирования  $p$  в базисе Котельникова?
38. Какому порядку дискретной модели эквивалентна континуальная модель 2 порядка?
39. Запишите билинейное преобразование?
40. Для чего используется билинейное преобразование?
41. Что такое модель авторегрессии?
42. Что такое модель скользящего среднего?
43. Что такое уравнения Юла-Уокера для процесса авторегрессии скользящего среднего?
44. Чем отличается модель авторегрессии от модели скользящего среднего?
45. Запишите разностное уравнение авторегрессии второго порядка?
46. Запишите разностное уравнение скользящего среднего второго порядка?
47. Запишите разностное уравнение скользящего среднего первого порядка?
48. Запишите разностное уравнение авторегрессии первого порядка?

В полном объеме оценочные средства имеются на кафедре «Информационные радиосистемы». Оценочные средства могут быть получены по требованию.

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ИРИТ

“ \_\_\_\_ ” 201\_\_ г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

« \_\_\_\_\_ »  
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров

Направление: {шифр – название} \_\_\_\_\_

Направленность: \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_

Год начала подготовки: \_\_\_\_\_

Курс \_\_\_\_\_

Семестр \_\_\_\_\_

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) .....;

2) .....;

3) .....

Разработчик (и): \_\_\_\_\_ (ФИО, ученая степень, ученое звание) «\_\_» \_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ГИС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_ 2021г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ИРС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_ 2021г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_ 2021 г.