

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.  
Лобачевского»

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«31» мая 2023 № 6

Рабочая программа дисциплины

Цифровая обработка сигналов

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП
2. Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к разделу Б1.В.ДВ7 «Дисциплины по выбору» на 4 курсе (в 8 семестре) бакалавриата.

**Целями освоения дисциплины являются:**

- изучение теории дискретных сигналов и дискретных линейных систем, методов проектирования расчета цифровых фильтров.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<p><b>ПК-1</b> Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам</p> <p>Этап формирования <u>базовый</u></p>	<p><b>У1 (ПК-1)</b> Уметь решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области цифровой обработки сигналов на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.</p> <p><b>В1 (ПК-1)</b> Владеть способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям в области цифровой обработки сигналов</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Цифровая обработка сигналов»

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 23 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа занятия лекционного типа, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	учная	учная	учная	учная	учная	учная
1. Дискретные сигналы и системы	18	5			5	13
2. Z-преобразование	17	5			5	12
3.Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).	18	6			6	12
4. Анализ и проектирование цифровых фильтров (ЦФ).	18	6			6	12
В т.ч. текущий контроль	1	1			1	
Промежуточная аттестация – зачет						

#### 4. Образовательные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий.

При чтении лекций используется активная форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

Используются следующие **интерактивные** формы проведения занятий:

- Предоставление студентам адресов необходимых Интернет-ресурсов.
- Обмен со студентами адресами электронной почты для обеспечения оперативного взаимодействия.
- Отправка студентам электронных писем, содержащих необходимые образовательные ресурсы (материалы к лекциям, персональные задания к зачёту).
- Предоставление студентам возможности обсуждения проблем, возникающих при освоении дисциплины, с использованием сети Интернет.

В рамках данного учебного курса предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний Intel, Nokia Siemens Networks и др. с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, решения прикладных задач с помощью компьютерных симуляций, стимулирования внеаудиторной работы.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

– во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

– задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (см. Раздел 6.4) выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

#### 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

**6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования:**

**ПК-1:** Способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	«плохо»	неудовлетворительно	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<b>Знания</b> <i>Иметь</i> углубленные теоретические и практические знания в области фундаментальной информатики и информационных технологий цифровой обработки сигналов.	Отсутствие теоретических и практических знаний в области фундаментальной информатики и информационных технологий цифровой обработки сигналов.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа  Полное отсутствие умения использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных стандартов в области информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов.	Наличие грубых ошибок теоретических и практических знаний в области фундаментальной информатики и информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов.  Наличие грубых ошибок в умении использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных стандартов в области информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов.	Наличие теоретических и практических знаний в области фундаментальной информатики и информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов с рядом ошибок  Умение использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных стандартов в области информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов с рядом ошибок	Наличие углубленных теоретических и практических знаний в области фундаментальной информатики и информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов  Умение использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных стандартов в области информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов с незначительными ошибками	Наличие углубленных теоретических и практических знаний в области фундаментальной информатики и информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов с незначительными погрешностями  Умение использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных стандартов в области информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов с незначительными погрешностями	Наличие углубленных теоретических и практических знаний в области фундаментальной информатики и информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов  Умение использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных стандартов в области информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов	Наличие углубленных теоретических и практических знаний в области фундаментальной информатики и информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов без ошибок и погрешностей и свободное владение ими  Умение самостоятельно и свободно использовать углубленные теоретические и практические знания в области информационных технологий и прикладной математики, фундаментальных концепций и системных методологий, международных стандартов в области информационных технологий применительно к цифровой обработке сигналов
<b>Умения</b> <i>Уметь</i> решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области цифровой обработки сигналов на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа						
<b>Владеть</b> способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям в области цифровой							

обработки сигналов							
Шкала оценок по проценту правильных контрольных заданий	0-20%	20-50%	50-70%	70-80%	80-90%	90-99%	100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Используется традиционная семибалльная шкала оценивания, утвержденная приказом ректора ННГУ от 10.10.2002 №229\_ОД.

№ пп	Оценка, её обозначение и соответствующий ей числовой балл	Определение (уровень подготовки, характеризуемый оценкой)	Средний % студентов, получивших указанную оценку
1	Превосходно (прев; 5,5)	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями	10%
2	Отлично (отл; 5)	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками	25%
3	Очень хорошо (очхор; 4,5)	В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок	30%
4	Хорошо (хор; 4)	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками	25%
5	Удовлетворительно (уд; 3)	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям	10%
6	Не удовлетворительно (неуд; 2)	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания	
7	Плохо (плох; 1)	Подготовка совершенно недостаточная	

## 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- контрольные задания.

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- устное собеседование.

## 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

Примеры контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (ПК-1):

1. Определите понятие “спектральная характеристика “ дискретного сигнала.
2. Сформулируйте условия дискретизации во времени аналогового видеосигнала.

3. Как дискретизовать во времени узкополосный аналоговый радиосигнал?
4. Поясните процедуру квадратурного разложения узкополосного радиосигнала.
5. Как выполняется процедура уменьшения частоты дискретизации дискретного сигнала?
6. Как реализовать процедуру увеличения частоты дискретизации дискретного сигнала?

Для оценки сформированности компетенций ПК-1 служат практические контрольные задания (ПКЗ) Примеры типовых ПКЗ:

1. По заданной частотной характеристике ДЛПП-системы постройте ее амплитудно-частотную (АЧХ) и фазо-частотную (ФЧХ) характеристики.
2. По заданным частотной характеристике ДЛПП-системы и входном сигнале найдите выходной сигнал системы.
3. По заданному разностному уравнению ДЛПП-системы найдите ее импульсную характеристику.
4. По заданному разностному уравнению ДЛПП-системы найдите ее частотную характеристику.
5. По заданной частотной характеристике ДЛПП-системы найдите ее разностное уравнение.

#### 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

#### а) основная литература:

1. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М., Мир, 1978.(1)
2. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М., Связь, 1979. (0)
3. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М., Техносфера, 2012.(27)
4. Кривошеев В.И. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие. – Н.Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2006.(9)
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. СПб., БХВ-Петербург, 2011.(9)
6. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / Авторы: А.И.Солонина, Д.А.Улахович, С.М.Арбузов, Е.Б.Соловьева, И.И.Гук. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
7. Каппелини В., Константи́нидис А., Эмилиани П. Цифровые фильтры и их применение. М., Радио и Связь, 1983 (1)
8. Антонью А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование. М., Радио и Связь, 1983.(1)
9. Гольденберг Л.М., Матюшкин В.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов. М., Радио и Связь, 1990. (18)
10. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М., Мир, 1990.(1)
11. Кривошеев В.И. Синтез цифровых КИХ- фильтров по методу взвешивания. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.
12. Кривошеев В.И. Синтез цифровых КИХ- фильтров по методу частотной выборки. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.
13. Кривошеев В.И. Синтез оптимальных цифровых КИХ-фильтров с минимаксной ошибкой. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.
14. Кривошеев В.И. Синтез цифровых БИХ- фильтров методом билинейного преобразования. Методические указания к лабораторной работе. ННГУ, 1991.

#### б) дополнительная литература:

1. Карташев В.Г. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров. М., Высшая школа, 1982.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. М., Радио и связь, 1986.
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. М., Высшая школа, 1988.
4. Цифровые фильтры в электротехнике и радиотехнике. Под ред. Л.М.Гольденберга . М., Радио и связь, 1982. (1)
5. Применение цифровой обработки сигналов. Под ред. Оппенгейма А. М., Мир, 1980. (0)
6. Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов. Под ред. Гуна С. и др. М., 1989.(1)
7. Даджион Д. , Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов. М., Мир, 1988.
8. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. М., Мир, 1989.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://www.dsp-book.narod.ru/books.html>

<http://www.twirpx.com/files/equipment/dsp/>

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Доска, мел, компьютерные презентации и мультимедийный проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», уровень бакалавриата.

Автор \_\_\_\_\_ Сорокин И.С.

Рецензент \_\_\_\_\_ Шкелев Е.И.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Мальцев А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от 25 мая 2023, протокол № 04/23.