

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 / институт / филиал)

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

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Цифровая обработка сигналов

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

(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 (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к дисциплинам по выбору вариативной части (блок Б1.В.ДВ3) основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) высшего образования по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» (уровень бакалавриата) на радиофизическом факультете ННГУ. Дисциплина изучается в 8-м семестре.

**Целями освоения дисциплины являются:**

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

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции*  (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1. Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2. Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	Владеть способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области цифровой обработки сигналов	Задача, собеседование
ПК-2. Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов. ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные,	Уметь самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии в области цифровой	Задача, собеседование

	экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи. ПК-2.3. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики.	обработки сигналов	
--	---	--------------------	--

### 3. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Цифровая обработка сигналов»

Объём дисциплины составляет 2 зачётные 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 (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
<b>1. Дискретные сигналы и системы</b>	18	5			5	13
<b>2. Z-преобразование</b>	17	5			5	12
<b>3. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).</b>	18	6			6	12
<b>4. Анализ и проектирование цифровых фильтров (ЦФ).</b>	18	6			6	12

В т.ч. текущий контроль	1	1			1	
Промежуточная аттестация – зачет						

#### 4. Образовательные технологии

Реализация компетентностного 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 (модулю)

**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-2:

<u>Умения</u> Уметь самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии в области цифровой обработки сигналов	Отсутствие умений самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии в области цифровой обработки сигналов	Умение самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии в области цифровой обработки сигналов
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 % – 40 %	41% - 100 %

ПК-1

<u>Владения</u> Владеть способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности в области цифровой обработки сигналов	Отсутствие владений способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности в области цифровой обработки сигналов	Владение способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности в области цифровой обработки сигналов
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 % – 40 %	41% - 100 %

## 6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;

- уровень понимания студентами изученного материала.

Зачет проводится в устной форме. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой, вопросы для промежуточного контроля указаны в пункте 5 настоящей рабочей программы дисциплины) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Шкала оценивания «зачет - незачет»:

Оценка	Уровень подготовки
Зачтено	Удовлетворительное знание содержания курса: В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами или хотя бы минимальный уровень теоретических знаний. Студент может делать ошибки при ответе, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ.
Не зачтено	Неудовлетворительное знание содержания курса: Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора.

### **6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), 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-2, 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 и ПК-2 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.
2. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М., Связь, 1979.
3. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М., Техносфера, 2012.
4. Кривошеев В.И. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие. – Н.Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2006.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. СПб., БХВ-Петербург, 2011.
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

8. Антонью А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование. М., Радио и Связь , 1983.
9. Гольденберг Л.М. , Матюшкин В.Д. , Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов. М., Радио и Связь, 1990.
10. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М., Мир, 1990.
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.
5. Применение цифровой обработки сигналов. Под ред. Оппенгейма А. М., Мир, 1980.
6. Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов. Под ред. Гуна С. и др. М., 1989.
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 ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.03 «Радиофизика», уровень бакалавриата.

Автор: \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н. Сорокин И.С.

Рецензент \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н. Грязнова И.Ю.

Заведующий кафедрой бионики и статистической радиофизики, профессор, д.ф.-м.н.,



\_\_\_\_\_ Мальцев А.А.

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