

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Цифровая обработка сигналов

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.04 Цифровая обработка сигналов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам	<p>ПК-1.1: Знает методы обработки и интерпретации данных научных исследований</p> <p>ПК-1.2: Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований</p> <p>ПК-1.3: Имеет практический опыт сбора, обработки и интерпретации данных научных исследований</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных</p> <p>Уметь систематизировать и анализировать данные большого объема</p>	Собеседование Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

		<p>Владеть навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</p> <p>ПК-1.3: Знать основные способы представления и продвижения результатов в области опытно-конструкторских разработок, формировать их новые направления в области информатики и информационных технологий (ФИИТ).</p> <p>Уметь Организовывать и выполнять, научные исследования и опытно-конструкторские разработки в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть навыками руководства научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к цифровой обработке сигналов.</p>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	22
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	49
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	
1. Дискретные сигналы и системы	16	5	0	5	11
2. Z-преобразование	16	5	0	5	11
3. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).	20	6	0	6	14
4. Анализ и проектирование цифровых фильтров (ЦФ).	19	6	0	6	13
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	22	0	23	49

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Часть 1. Дискретные сигналы и системы

Часть 2. Z-преобразование

Часть 3. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).

Часть 4. Анализ и проектирование цифровых фильтров (ЦФ).

Практические занятия / лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 3 ч.

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

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 выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

- Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Ведется еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

- По каким признакам осуществляется классификация сигналов и систем?
- Приведите примеры дискретных во времени сигналов.
- Дайте определение понятия “ дискретная линейная система с постоянными параметрами (ЛПП-система)”.
- Что такое импульсная характеристика ЛПП-системы?
- Каково соотношение, определяющее выходной отклик ЛПП-системы на произвольный входной сигнал?
- Каковы условия устойчивости и физической реализуемости ЛПП-системы?
- Что такое частотная характеристика ЛПП-системы?
- Определите понятие “спектральная характеристика “ дискретного сигнала.
- Сформулируйте условия дискретизации во времени аналогового видеосигнала.
- Как дискретизовать во времени узкополосный аналоговый радиосигнал?
- Поясните процедуру квадратурного разложения узкополосного радиосигнала.
- Как выполняется процедура уменьшения частоты дискретизации дискретного сигнала?
- Как реализовать процедуру увеличения частоты дискретизации дискретного сигнала?
- Что такое Z-преобразование?
- Перечислите свойства Z-преобразования.
- Что такое передаточная (системная) функция ЛПП- системы?
- Напишите дискретный ряд Фурье.
- Что такое ДПФ?
- Каковы свойства ДПФ?
- Что такое циклическая и линейная свертки?
- Как вычисляется “быстрая” линейная свертка?
- Что такое КИХ и БИХ-фильтры?
- Приведите пример КИХ-фильтра 1-го порядка.

- Приведите пример БИХ-фильтра 1-го порядка.
- Что такое прямая и каноническая структуры ЦФ?
- Что такое каскадная и параллельная структуры ЦФ?
- Каковы особенности реализации структур КИХ-фильтров?
- Каковы эффекты квантования параметров ЦФ?
- В чем сущность метода билинейного преобразования?
- Что такое метод инвариантности импульсной характеристики?
- Как проектируются БИХ-фильтры стандартных типов: ФНЧ, ФВЧ, ФПП, ФПЗ ?
- Когда необходимо машинное проектирование БИХ-фильтров?
- Каковы условия линейности ФЧХ КИХ-фильтра?
- Каковы разновидности КИХ- фильтров с линейной ФЧХ и их частотные характеристики?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Задача 1. Сформулируйте и докажите теорему отсчетов для видеосигналов.

Задача 2. Рассчитайте ДВПФ заданной последовательности бесконечной протяженности.

Постройте амплитудно-частотный и фазо-частотный спектры.

Задача 3. Рассчитайте ДПФ заданной последовательности конечной протяженности.

Задача 4. Рассчитайте дискретно-временную свертку двух заданных последовательностей конечной протяженности.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

## Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

## Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы

		знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Дискретные сигналы (последовательности) и их представление. Синусоиды дискретного времени и их особенности в сравнении с синусоидами непрерывного времени.
2. Дискретные линейные системы с постоянными параметрами (ДЛПП-системы) и их описание:
  - во временной области (импульсная характеристика);
  - на основе линейных разностных уравнений (РУ); пример решения РУ;
  - в частотной области (частотная характеристика);
  - в комплексной  $z$ -плоскости (передаточная характеристика).
 Связь различных характеристик ДЛПП-системы между собой и примеры их вычисления.
3. Дискретно-временная свертка, ее свойства. Пример вычисления свертки.
4. Устойчивость и физическая реализуемость ДЛПП-системы.
5. Представление дискретных сигналов в частотной области. Дискретное во времени преобразование Фурье (ДВПФ) и его свойства. Примеры вычисления прямого и обратного ДВПФ.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задача 1. Сформулируйте и докажите теорему отсчетов для видеосигналов.

Задача 2. Рассчитайте ДВПФ заданной последовательности бесконечной протяженности. Постройте амплитудно-частотный и фазо-частотный спектры.

Задача 3. Рассчитайте ДПФ заданной последовательности конечной протяженности.

Задача 4. Рассчитайте дискретно-временную свертку двух заданных последовательностей конечной протяженности.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Голд Бернард. Цифровая обработка сигналов : с прил. работы Д. Кайзера "Цифровые фильтры" : пер. с англ. / под ред. [и с предисл.] А. М. Трахтмана. - Москва : Советское радио, 1973. - 367 с. : ил. - 1.52., 2 экз.
2. Сергиенко Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов. - СПб. [и др.] : Питер, 2003. - 604 с. : ил. - (Учебник для вузов). - ISBN 5-318-00666-3 : 140.60., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Кривошеев Валерий Иванович. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2006. - 207 с. - В надзаг.: Национальный проект "Образование". Инновационная образовательная программа Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.... - ISBN 5-85746-926-0 : 100.00., 33 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- <http://www.dsp-book.narod.ru/books.html>
- <http://www.twirpx.com/files/equipment/dsp/>

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Сорокин Игорь Сергеевич, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Грязнова Ирина Юрьевна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Мальцев Александр Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023г., протокол № 09/23.