

**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 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

Цифровая обработка сигналов  
(наименование дисциплины (модуля))

---

Уровень высшего образования  
Специалитет  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

---

Направление подготовки / специальность  
11.05.02 - Специальные радиотехнические системы  
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

---

Направленность образовательной программы  
Радиотехнические системы и комплексы специального назначения  
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

---

Форма обучения  
очная  
(очная / очно-заочная / заочная)

---

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 «Цифровая обработка сигналов» относится к факультативной части ООП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

## 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	
<p><i>ПК-2:</i></p> <p><i>Способен проводить математическое и компьютерное моделирование, а также экспериментальные исследования объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>ПК-2.1: Понимает основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Понимает математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Применяет компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p> <p><i>ПК-2.4: Проводит экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>ПК-2.1: Знание основ моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Знание математических моделей процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Умение применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p> <p><i>ПК-2.4: Навык экспериментальных исследований в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание), тест</i></p>

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>0</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> зачет

### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная	очная
<b>Тема 1.</b> Дискретные сигналы и системы	1	10				1	10
<b>Тема 2.</b> Z-преобразование	12	4				8	5
<b>Тема 3.</b> Дискретное преобразование Фурье	13	6				8	8
<b>Тема 4.</b> Анализ и проектирование цифровых фильтров	10	12				4	16
Аттестация							
КСР	1					1	
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>32</b>				<b>33</b>	<b>39</b>

Практические занятия (семинарские 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.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических задач по отдельным разделам дисциплины в рамках самостоятельной работы, прохождение контрольного тестирования в рамках зачета.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

навыков практического применения алгоритмов цифровой обработки сигналов в задачах исследования механизмов обеспечения информационной безопасности телекоммуникационных систем, сетей и устройств, технических и программно-аппаратных средств защиты информации, реализации новых компьютерных моделей в современной технике.

- компетенции ПК-2.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках групповых или индивидуальных консультаций.

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

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся создается электронный курс (Цифровые устройства и микропроцессоры,

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9511>) в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>.

Кроме того, самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью учебных материалов, изложенных в п.6.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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 обучающег	Уровень знаний ниже минимальных требований.  Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний.  Допущено много негрубых ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	ося от ответа						
<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 владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	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
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	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	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам п.2)

### 5.2.1. Контрольные вопросы

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. По каким признакам осуществляется классификация сигналов и систем?	<i>ПК-2</i>
2. Приведите примеры дискретных во времени сигналов.	<i>ПК-2</i>
3. Дайте определение понятия “дискретная линейная система с постоянными параметрами (ЛПП-система)”.	<i>ПК-2</i>
4. Что такое импульсная характеристика ЛПП-системы?	<i>ПК-2</i>
5. Каково соотношение, определяющее выходной отклик ЛПП-системы на произвольный входной сигнал?	<i>ПК-2</i>
6. Каковы условия устойчивости и физической реализуемости ЛПП-системы?	<i>ПК-2</i>
7. Что такое частотная характеристика ЛПП-системы?	<i>ПК-2</i>
8. Определите понятие “спектральная характеристика “дискретного сигнала.	<i>ПК-2</i>
9. Сформулируйте условия дискретизации во времени аналогового видеосигнала.	<i>ПК-2</i>
10. Как дискретизовать во времени узкополосный аналоговый радиосигнал?	<i>ПК-2</i>
11. Поясните процедуру квадратурного разложения узкополосного радиосигнала.	<i>ПК-2</i>
12. Как выполняется процедура уменьшения частоты дискретизации дискретного сигнала?	<i>ПК-2</i>
13. Как реализовать процедуру увеличения частоты дискретизации дискретного сигнала?	<i>ПК-2</i>
14. Что такое Z-преобразование?	<i>ПК-2</i>

<i>Вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
15. Перечислите свойства Z-преобразования.	ПК-2
16. Что такое передаточная (системная) функция ЛПП- системы?	ПК-2
17. Напишите дискретный ряд Фурье.	ПК-2
18. Что такое ДПФ?	ПК-2
19. Каковы свойства ДПФ?	ПК-2
20. Что такое циклическая и линейная свертки?	ПК-2
21. Как вычисляется “быстрая” линейная свертка?	ПК-2
22. Что такое КИХ и БИХ-фильтры?	ПК-2
23. Приведите пример КИХ-фильтра 1-го порядка.	ПК-2
24. Приведите пример БИХ-фильтра 1-го порядка.	ПК-2
25. Что такое прямая и каноническая структуры ЦФ?	ПК-2
26. Что такое каскадная и параллельная структуры ЦФ?	ПК-2
27. Каковы особенности реализации структур КИХ-фильтров?	ПК-2
28. Каковы эффекты квантования параметров ЦФ?	ПК-2
29. В чем сущность метода билинейного преобразования?	ПК-2
30. Что такое метод инвариантности импульсной характеристики?	ПК-2
31. Как проектируются БИХ-фильтры стандартных типов: ФНЧ, ФВЧ, ФПН, ФПЗ ?	ПК-2
32. Когда необходимо машинное проектирование БИХ-фильтров?	ПК-2
33. Каковы условия линейности ФЧХ КИХ-фильтра?	
34. Каковы разновидности КИХ- фильтров с линейной ФЧХ и их частотные характеристики?	
35. В чем сущность метода взвешивания?	
36. В чем сущность метода частотной выборки?	

### **5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-2**

#### **Задание 1**

Построить цифровой фильтр нижних частот с частотой среза 0.15, подавлением вне полосы не менее 40Дб и монотонной амплитудно-частотной характеристикой в полосе пропускания. Изобразить частотную и импульсную характеристики фильтра.

Продемонстрировать работу фильтра на примере полигармонического сигнала.

#### **Задание 2**

Построить цифровой фильтр верхних частот с частотой среза 0.25, подавлением вне полосы не менее 30Дб и монотонной амплитудно-частотной характеристикой в полосе пропускания. Изобразить частотную и импульсную характеристики фильтра. Продемонстрировать работу фильтра на примере полигармонического сигнала.

### **Задание 3**

Построить полосно-пропускающий цифровой фильтр с границами полосы пропускания [0.15 0.25], подавлением вне полосы не менее 40Дб. Изобразить частотную и импульсную характеристики фильтра. Продемонстрировать работу фильтра на примере полигармонического сигнала.

### **Задание 4**

Построить полосно-запирающий цифровой фильтр с границами полос пропускания [0.2 0.35], подавлением в полосе записания не менее 30Дб. Изобразить частотную и импульсную характеристики фильтра. Продемонстрировать работу фильтра на примере полигармонического сигнала.

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

а) основная литература:

1. Кривошеев В.И. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2006. - 207 с.
2. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. - М.: Техносфера, 2009. - 856 с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363295.html>

б) дополнительная литература:

1. Афанасьев А.А. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Афанасьев А.А.; Рыболовлев А.А.; Рыжков А.П. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2019. - 356 с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991206112.html>
2. Басараб М.А. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях. - М.: Физматлит, 2007. - 544 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_cid=25&p11\\_id=2215](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=2215)

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

1. [http://www.itlab.unn.ru/archive/lectures/DSP/DSP\\_Lectures.pdf](http://www.itlab.unn.ru/archive/lectures/DSP/DSP_Lectures.pdf)
2. <http://www.dsp-book.narod.ru>
3. <http://www.pselab.ru>
4. Среда программирования LabVIEW.

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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, доска, мел, мультимедийный проектор.

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 ФГОС ВО/ОС ННГУ по направлению 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Автор(ы): Ивлев Д.Н.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии  
президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.