

Минобрнауки России  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой  
Борисов Дмитрий Николаевич  
Кафедра информационных систем  
10.04.2024

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ФТД.В.02 Цифровая обработка сигналов

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

09.04.02 Информационные системы и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Анализ и синтез информационных систем

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Магистратура

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра информационных систем

**6. Составители программы:**

Борисов Дмитрий Николаевич, к.т.н., доцент, Попова Елена Вячеславовна, ассистент

**7. Рекомендована:**

протокол НМС ФКН № 5 от 05.03.2024

**8. Учебный год:**

2025-2026

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

**Цели и задачи учебной дисциплины**

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- понимание основных подходов цифровой обработки сигналов, проектирования фильтров с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсной характеристикой;
- изучение способов вычисления коэффициентов для КИХ и БИХ фильтров, обработкой сигналов на нескольких скоростях.;
- изучение обработки цифровых сигналов, алгоритмы, соответствующие этим методам, и их практическая реализация;
- получение профессиональных компетенций в области современных технологий обработки цифровых сигналов

Задачи учебной дисциплины:

- обучение студентов теоретическим и практическим аспектам применения методов цифровой обработки сигналов в различных областях;
- овладение практическими навыками применения моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.

#### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

дисциплина относится к дисциплинам, формируемой участниками образовательных отношений. Факультативы. Требуется предварительное знание информатики, введение в программирование, различные методы исследования.

#### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников) и индикаторами их достижения:

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований;	ОПК-4.1 Знает новые научные принципы и методы исследований	<p>знать: моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.</p> <p>уметь: осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; осуществлять постановку и проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов.</p> <p>владеть: проведением анализа результатов реализации экспериментов, осуществлением выбора оптимальных решений, подготовкой и составлением обзоров, отчетов.</p>
ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований;	ОПК-4.2 Умеет применять на практике новые научные принципы и методы исследований	<p>Знать: алгоритмы обработки полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)</p> <p>Уметь: Обработать полученные результаты исследований с использованием стандартных методов (методик)</p> <p>Владеть: Обработкой полученных результатов исследований с использованием стандартных методов (методик)</p>

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-4 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований;	ОПК-4.3 Иметь навыки применения новых научных принципов и методов исследования для решения профессиональных задач	Знать: различные современные научные принципы и методы и применение их для решения профессиональных задач

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:

2/72

### Форма промежуточной аттестации:

Зачет

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Семестр 4	Всего
Аудиторные занятия	24	24
Лекционные занятия	12	12
Практические занятия	12	12
Лабораторные занятия		0
Самостоятельная работа	48	48
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		0
Всего	72	72

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.	Лекции		
1.1	Сигналы и их свойства	Общие сведения о сигналах. Обобщенная структурная схема информационной системы. Функциональные задачи, возлагаемые на системы обработки сигналов, особенности цифровой обработки сигналов. Классификация сигналов. Характеристики сигналов. Формы представления сигналов.	

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.2	Представление сигналов во временной и частотной областях.	Представление детерминированных сигналов во временной области. Примеры типовых детерминированных сигналов. Представление случайных сигналов во временной области. Представление детерминированных сигналов в частотной области. Системы базисных функций. Системы комплексных экспоненциальных функций.	
1.3	Линейные дискретные системы с постоянными параметрами.	Линейная дискретная системы с постоянными параметрами (ЛПП), ее свойства. Импульсная характеристика системы. Частотная характеристика системы. Примеры ЛПП систем.	
1.4	Цифровые фильтры.	Линейные разностные уравнения цифровых фильтров, их свойства. Классификация фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Структурные схемы цифровых фильтров. Сравнительная оценка фильтров по точности и сложности реализации.	
1.5	КИХ-фильтры.	Разработка КИХ-фильтров. Спецификации КИХ-фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров: метод взвешивания, метод частотной выборки, оптимальный метод. Структуры реализаций КИХ-фильтров.	
1.6	БИХ-фильтры.	Разработка цифровых БИХ-фильтров. Спецификация производительности. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров: метод инвариантного преобразования импульсной характеристики, метод согласованного z-преобразования, метод билинейного z-преобразования.	

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1.7	Цифровая обработка сигналов при нескольких скоростях.	Концепции обработки при нескольких скоростях. Децимация и интерполяция частоты дискретизации с целым шагом. Преобразование частоты дискретизации с нецелым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации.	
1.8	Аппаратура цифровых сигнальных процессоров	Микроконтроллеры, микропроцессоры и цифровые процессоры обработки сигналов (DSP). Ядро 16-разрядных DSP с фиксированной и плавающей точкой.	
2. Практические занятия			
2.1	Исследование характеристик аналоговых и дискретных фильтров	Расчет характеристик аналоговых и дискретных фильтров в пакете MATLAB	
2.2	Проектирование дискретных фильтров по аналоговому эквиваленту	Проектирование дискретных фильтров с использованием Simulink MATLAB	
2.3	Изучение алгоритма цифровой сверки	Изучение алгоритма цифровой сверки в пакете MATLAB	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Сигналы и их свойства	1			6	7

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
2	Представление сигналов во временной и частотной областях.	1			6	7
3	Линейные дискретные системы с постоянными параметрами.	2	2		6	10
4	Цифровые фильтры.	2	2		6	10
5	КИХ-фильтры.	1	2		6	9
6	БИХ-фильтры.	1	2		6	9
7	Цифровая обработка сигналов при нескольких скоростях.	2	2		6	10
8	Устройства цифровых сигнальных процессоров	2	2		6	10
		12	12	0	48	72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студентам читать рекомендованную литературу, во время проверки выполнения лабораторных работ, преподавателю рекомендуется проводить теоретический опрос с целью определения степени усвоения материала.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1	Магазинникова, А. Л. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие для вузов / А. Л. Магазинникова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 132 с. — ISBN 978-5-8114-9334-0.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/189508">https://e.lanbook.com/book/189508</a>

№ п/п	Источник
2	Тропченко, А. Ю. Цифровая обработка сигналов методы предварительной обработки : учебное пособие / А. Ю. Тропченко, А. А. Тропченко. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2009. — 100 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/40707">https://e.lanbook.com/book/40707</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Гусев, А. Ю. Судебная практика о применении законодательства, регулирующего вопросы защиты персональных данных : учебное пособие / А. Ю. Гусев. — Москва : Проспект, 2019. — 63 с. — ISBN 978-5-392-29690-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/151026">https://e.lanbook.com/book/151026</a>
2	Столов, Е. Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах : учебное пособие / Е. Л. Столов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-3014-7.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/212891">https://e.lanbook.com/book/212891</a>
3	Матвеев, Ю. Н. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Ю. Н. Матвеев. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2013. — 166 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/43698">https://e.lanbook.com/book/43698</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
1	Макаренко, А. А. Практикум по цифровой обработке сигналов : учебное пособие / А. А. Макаренко. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2014. — 50 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/71007">https://e.lanbook.com/book/71007</a>
2	Столбов, М. Б. Цифровая обработка речевых сигналов : учебно-методическое пособие / М. Б. Столбов, А. М. Кассу. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2016. — 71 с.— Текст: электронный// Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/91330">https://e.lanbook.com/book/91330</a>

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины,**

**включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

#### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

- 1) лекционная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором;
- 2) класс для проведения практических занятий;

#### **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Сигналы и их свойства Представление сигналов во временной и частотной областях. Линейные дискретные системы с постоянными параметрами.	ОПК-4	ОПК-4.1	Контрольная работа 1
2	Цифровые фильтры. КИХ-фильтры. БИХ-фильтры.	ОПК-4	ОПК-4.2	Контрольная работа 2
3	Цифровая обработка сигналов при нескольких скоростях. Аппаратура цифровых сигнальных процессоров	ОПК-4	ОПК-4.3	Контрольная работа 3

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет

Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

##### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа) и письменных работ (контрольные, лабораторные работы). При оценивании могут использоваться количественные или качественные шкалы оценок.

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:



Устный опрос на практических занятиях;

Контрольная работа по теоретической части курса;

Практические работы.

№ п/п	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Критерии оценки
1	Устный опрос на практических занятиях	Вопросы по темам/разделам дисциплины	Правильный ответ – зачтено, неправильный или принципиально неточный ответ - не зачтено
2	Контрольная работа по разделам дисциплины	Теоретические вопросы по темам/разделам дисциплины	Шкала оценивания соответствует приведенной ниже
3	Практическая работа	Содержит 3 практических заданий, предусматривающих разработку, тестирование и эксплуатацию различных методов и алгоритмов.	При успешном выполнении работы ставится оценка зачтено, в противном случае ставится оценка не зачтено

Пример задания для выполнения практической работы

#### Контрольная работа 1

- 1) Общие сведения о сигналах;
- 2) Характеристики сигналов;
- 3) Представление детерминированных сигналов во временной области.
- 4) Примеры типовых детерминированных сигналов.

#### Контрольная работа 2

- 1) Системы базисных функций
- 2) Линейная дискретная системы с постоянными параметрами (ЛПП), ее свойства
- 3) Импульсная характеристика системы. Частотная характеристика системы.
- 4) Примеры ЛПП систем.

#### Контрольная работа 3

- 1) Классификация фильтров.
- 2) Рекурсивные и нерекурсивные фильтры.
- 3) Структурные схемы цифровых фильтров.
- 4) Сравнительная оценка фильтров по точности и сложности реализации.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация может включать в себя проверку теоретических вопросов, а также, при необходимости (в случае невыполнения в течение семестра), проверку выполнения установленного перечня практических работ, позволяющих оценить уровень полученных знаний и/или практическое (ие) задание(я), позволяющее (ие) оценить степень сформированности умений и навыков.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения представлено в следующей таблице.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, выполнение заданий, предусмотренных программой, знакомство с основной литературой, рекомендованной программой. Присутствуют погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий.		Зачет
Имеются пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, наличие которых препятствует дальнейшему обучению студента.		Не зачет

КИМ формируется из трех теоретических вопросов и одной практической задачи.

#### **Перечень вопросов к зачету:**

Общие сведения о сигналах. Обобщенная структурная схема информационной системы. Функциональные задачи, возлагаемые на системы обработки сигналов, особенности цифровой обработки сигналов. Классификация сигналов. Характеристики сигналов. Формы представления сигналов. Представление детерминированных сигналов во временной области. Примеры типовых детерминированных сигналов. Представление случайных сигналов во временной области. Представление детерминированных сигналов в частотной области. Системы базисных функций. Системы комплексных экспоненциальных функций. Линейная дискретная системы с постоянными параметрами (ЛПП), ее свойства. Импульсная характеристика системы. Частотная характеристика системы. Примеры ЛПП систем. Линейные разностные уравнения цифровых фильтров, их свойства. Классификация фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Структурные схемы цифровых фильтров. Сравнительная оценка фильтров по точности и сложности реализации. Разработка КИХ-фильтров. Спецификации КИХ-фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров: метод взвешивания, метод частотной выборки, оптимальный метод. Структуры реализаций КИХ-фильтров. Разработка цифровых БИХ-фильтров. Спецификация производительности. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров: метод инвариантного преобразования импульсной характеристики, метод согласованного z-преобразования, метод билинейного z-преобразования. Концепции обработки при нескольких скоростях. Децимация и интерполяция частоты дискретизации с целым шагом. Преобразование частоты дискретизации с нецелым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Микроконтроллеры, микропроцессоры и цифровые процессоры обработки сигналов (DSP). Ядро 16-разрядных DSP с фиксированной и плавающей точкой.