

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
цифровых технологий



С.Д.Кургалин  
30.06.2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.06.01 АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

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

02.03.01 Математика и компьютерные науки

**2. Профиль подготовки/специализация:** для всех профилей

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

**4. Форма обучения:** очная

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

**6. Составители программы:** Минин Леонид Аркадьевич, кандидат физико-математических наук, доцент

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом факультета компьютерных наук (протокол № 6 от 25.06.2018)

**8. Учебный год:** 2020-2021

**Семестр(ы):** 5

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** ознакомление слушателей с базовыми методами цифровой обработки сигналов, формирование практических навыков реализации алгоритмов анализа и синтеза сигналов, сглаживания исходных данных и сжатия информации. Самостоятельная разработка и реализация алгоритмов позволит слушателям более эффективно и грамотно использовать мощные современные пакеты прикладных программ.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** дисциплина относится к вариативной части блока Б1. Для успешного освоения дисциплины требуется предварительное изучение математического анализа и основ программирования.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-2	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	<p>знать: теоретические основы Фурье-анализа; методы анализа и синтеза сигналов с помощью ортогональных систем; основные конструкции сплайн – функций и всплесков с компактным носителем;</p> <p>уметь: реализовывать алгоритмы дискретного преобразования Фурье, разложения по сплайнам и всплескам; осуществлять процедуры сглаживания и сжатия цифровой информации; грамотно применять существующие пакеты прикладных программ для обработки цифровой информации;</p> <p>владеть: навыком практического применения методов цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач.</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации:** 5 семестр – зачёт с оценкой.

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		5 сем.
Аудиторные занятия	66	66
в том числе:		
лекции	34	34
практические	16	16
лабораторные	16	16
Самостоятельная работа	78	78
Экзамен		
Итого:	144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Ряды Фурье и тригонометрическая интерполяция	Ряды Фурье в вещественной и комплексной формах, ряды Фурье по косинусам и синусам. Скорость убывания коэффициентов и гладкость функций. Тригонометрическая интерполяция.
1.2	Дискретное преобразование Фурье и его свойства	Скалярное произведение, норма и свёртка многомерных векторов. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства ДПФ. Быстрое преобразование Фурье.
1.3	Теорема Шеннона – Котельникова	Функция отсчётов. Теорема Шеннона – Котельникова. Переход от преобразования Фурье к ДПФ.
1.4	Интерполяционные, сглаживающие, базисные и фундаментальные сплайны	Интерполяционные формулы Лагранжа и Эрмита. Определение сплайнов произвольного порядка. Алгоритм построения кубического сплайна. Метод прогонки. Понятие о сглаживающих сплайнах. Базисные и фундаментальные сплайны.
1.5	Ортогональные и биортогональные всплески с компактным носителем	Система функций Хаара. Масштабирующая функция. Определение всплеска. Ортогональность всплесков и масштабирующей функции. Формулы анализа и синтеза. Пирамидальный алгоритм Малла. Всплески Добеши. Носитель. Несимметричность.
<b>2. Лабораторные и практические занятия</b>		
2.1	Ряды Фурье и тригонометрическая интерполяция	Ряды Фурье в вещественной и комплексной формах, ряды Фурье по косинусам и синусам. Скорость убывания коэффициентов и гладкость функций. Тригонометрическая интерполяция.
2.2	Дискретное преобразование Фурье и его свойства	Скалярное произведение, норма и свёртка многомерных векторов. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства ДПФ. Быстрое преобразование Фурье.
2.3	Теорема Шеннона – Котельникова	Функция отсчётов. Теорема Шеннона – Котельникова. Переход от преобразования Фурье к ДПФ.
2.4	Интерполяционные, сглаживающие, базисные и фундаментальные сплайны	Интерполяционные формулы Лагранжа и Эрмита. Определение сплайнов произвольного порядка. Алгоритм построения кубического сплайна. Метод прогонки. Понятие о сглаживающих сплайнах. Базисные и фундаментальные сплайны.
2.5	Ортогональные и биортогональные всплески с компактным носителем	Система функций Хаара. Масштабирующая функция. Определение всплеска. Ортогональность всплесков и масштабирующей функции. Формулы анализа и синтеза. Пирамидальный алгоритм Малла. Всплески Добеши. Носитель. Несимметричность.

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Ряды Фурье и тригонометрическая интерполяция	8	4	4	18	34
2	Дискретное преобразование Фурье и его свойства	8	4	4	18	34
3	Теорема Шеннона – Котельникова	6	2	2	14	24
4	Интерполяционные, сглаживающие, базисные и фундаментальные сплайны	6	4	4	14	28

5	Ортогональные и биортогональные всплески с компактным носителем	6	2	2	14	24
	Итого:	34	16	16	78	144

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

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- методические указания и пособия;
- контрольные задания для закрепления теоретического материала;
- электронные версии учебников и методических указаний для выполнения практических работ.

Форма организации самостоятельной работы: подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий; выполнение контрольных работ.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм ; Р. Шафер. — 3-е изд., испр. — Москва : Техносфера, 2012. — 1048 с. — (Мир радиоэлектроники). — <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233730">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233730</a> >.
2	Щетинин, Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB / Ю.И. Щетинин. — Новосибирск : НГТУ, 2011. — 115 с. — <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229142">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229142</a> >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Дьяконов, В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров / В.П. Дьяконов. — Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 577 с. — (Библиотека профессионала). — ISBN 5-98003-206-1. — <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=117690">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=117690</a> >
4	Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. — СПб. : Питер, 2007. — 750 с.
5	Власова Б. А. Ряды: Учеб. для вузов / Б. А. Власова; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. — 616 с.
6	Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. — Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 464 с.
7	Дьяконов В. П. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова. — СПб. : Питер, 2002. — 608 с.
8	Завьялов Ю. С. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошниченко. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 1980. — 352 с.
9	Наттерер Ф. Математические аспекты компьютерной томографии / Ф. Наттерер. — М. : Мир, 1990. — 288 с.
10	Новиков И. Я. Теория всплесков / И. Я. Новиков, В. Ю. Протасов, М. А. Скопина. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 612 с.
11	Чуи Ч. Введение в вэйвлеты / Ч. Чуи. — М. : Мир, 2001. — 412 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

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

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Новиков И. Я. Теория всплесков / И. Я. Новиков, В. Ю. Протасов, М. А. Скопина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 612 с.
2	Щетинин, Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB / Ю.И. Щетинин. — Новосибирск : НГТУ, 2011. — 115 с. — <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229142">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229142</a> >.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)** — программное обеспечение Matlab.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** лекционная аудитория, компьютерный класс с необходимым программным обеспечением.

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-2	Знать: теоретические основы Фурье-анализа; методы анализа и синтеза сигналов с помощью ортогональных систем; основные конструкции сплайн – функций и всплесков с компактным носителем.	Разделы 1-5	Письменный опрос
	Уметь: реализовывать алгоритмы дискретного преобразования Фурье, разложения по сплайнам и всплескам; осуществлять процедуры сглаживания и сжатия цифровой информации; грамотно применять существующие пакеты прикладных программ для обработки цифровой информации.	Разделы 1-5	Лабораторные работы 1-5
	Владеть: навыком практического применения методов цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач.	Разделы 1-5	Лабораторные работы 1-5
<b>Промежуточная аттестация</b>			По результатам текущих аттестаций

**19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации**

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

1) знание теоретических основ Фурье-анализа; методов анализа и синтеза сигналов с помощью ортогональных систем; основных конструкций сплайн-функций и всплесков с компактным носителем;

2) умение реализовывать алгоритмы дискретного преобразования Фурье, разложения по сплайнам и всплескам; осуществлять процедуры сглаживания и сжатия цифровой информации; грамотно применять существующие пакеты прикладных программ для обработки цифровой информации;

3) владение навыком практического применения методов цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач.

Для оценивания результатов обучения на зачёте с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся демонстрирует высокий уровень владения материалом, ориентируется в предметной области, верно отвечает на все дополнительные вопросы.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному или двум из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Допускаются ошибки при воспроизведении части теоретических положений.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трём из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Сформированные знания основных понятий, определений и теорем, изучаемых в курсе, не всегда полное их понимание с затруднениями при воспроизведении.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырём из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные знания (либо их отсутствие) основных понятий, определений и теорем, используемых в курсе.	–	Неудовлетворительно

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 Перечень вопросов для письменного опроса**

##### **Раздел 1. Ряды Фурье и тригонометрическая интерполяция.**

1. Ряды Фурье в вещественной и комплексной формах, ряды Фурье по косинусам и синусам.
2. Скорость убывания коэффициентов и гладкость функций.
3. Тригонометрическая интерполяция.

##### **Раздел 2. Дискретное преобразование Фурье и его свойства.**

1. Скалярное произведение и свёртка n-мерных векторов.
2. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье (ДПФ).
3. Свойства ДПФ.
4. Быстрое преобразование Фурье.

### Раздел 3. Теорема Шеннона – Котельникова.

1. Интеграл Дирихле. Функция отсчётов.
2. Теорема Шеннона – Котельникова.
3. Переход от преобразования Фурье к ДПФ.

### Раздел 4. Интерполяционные, сглаживающие, базисные и фундаментальные сплайны.

1. Интерполяционные формулы Лагранжа и Эрмита.
2. Алгоритм построения кубического сплайна.
3. Понятие о сглаживающих сплайнах.
4. Базисные и фундаментальные сплайны.

### Раздел 5. Ортогональные и биортогональные всплески с компактным носителем.

1. Система функций Хаара.
2. Масштабирующая функция, вывод уравнений на коэффициенты.
3. Определение всплеска. Ортогональность всплесков и масштабирующей функции.
4. Формулы анализа и синтеза. Пирамидальный алгоритм Малла.

Всплески Добеши. Носитель. Несимметричность.

#### 19.3.2 Комплект заданий для лабораторных работ

##### 1. Задания для выполнения на компьютере к разделам 1 и 2.

**Задание 1 (15 баллов).** Провести синтез сигнала по конечному числу коэффициентов ряда Фурье. Построить график и исследовать поведение синтезируемого сигнала в зависимости от количества коэффициентов.

$$1) f(x) = x + 1, x \in [-\pi, \pi], f(x) \sim 1 - 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k} \sin(kx);$$

$$2) f(x) = |x|, x \in [-1, 1], f(x) \sim \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi^2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{((-1)^k - 1)}{k^2} \cos(\pi k x).$$

**Задание 2 (20 баллов).** Создать программу для анализа и синтеза дискретного сигнала с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ).

**Задание 3 (15 баллов).** Численная проверка равенства Парсеваля и свойства ДПФ свёртки.

##### 2. Задания для выполнения на компьютере к разделам 3 и 4.

**Задание 1 (20 баллов).** Создать программу для решения систем уравнений с трёхдиагональной матрицей методом прогонки.

**Задание 2 (30 баллов).** Построение интерполяционных кубических сплайнов для различных тестовых функций  $f(x)$ :

1)  $f(x) = \sin(\pi x), x \in [-1,1]$ ;

2)  $f(x) = xe^{-x}, x \in [0,1]$ .

### 3. Задания для выполнения на компьютере к разделу 5.

**Задание 1 (20 баллов).** Численная проверка уравнений для коэффициентов, задающих всплески Добеши различного порядка (коэффициенты берутся из соответствующих таблиц).

$$\sum_{k \in \mathbb{Z}} h_k h_{k+2m} = \delta_{0m}, m \in \mathbb{Z}.$$

**Задание 2 (30 баллов).** Создать программу анализа и синтеза дискретного сигнала с помощью всплесков Хаара.

#### 19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: письменного опроса и контрольных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования, а также в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе контроля знаний на факультете компьютерных наук ВГУ.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.