

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.04.08 Цифровая обработка сигналов**

*(Шифр и полное название дисциплины в соответствии с учебным планом)*

**Направление подготовки:** 11.03.01 Радиотехника

**Направленность (профиль):** Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

**Квалификация (степень):** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Институт:** математики, естествознания и техники

**Кафедра:** физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	III		
Семестр/триместр	6		

Лекции	18		
Лабораторные занятия	18		
Практические (семинарские) занятия	не предусмотрены		
Консультации	не предусмотрены		
Форма(ы) промежуточной аттестации	Зачет-0,2		
Контроль	0		
Самостоятельная работа	71,8		

**Всего часов:** 108

**Трудоемкость:** 3 зачетных единиц.

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат физико-математических, доцент

И.В. Пешков

подпись

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Цель изучения дисциплины:

Целями освоения дисциплины Цифровая обработка сигналов является получение студентами математических основ представления и обработки дискретных сигналов. Практических навыков по основам анализа, построения систем представления, преобразования цифровых дискретных сигналов.

### Задачи изучения дисциплины:

Задачами изучения дисциплины Цифровая обработка сигналов являются изучение теоретических основ и практического приложения представления сигналов в дискретные моменты времени; линейных инвариантных во времени систем и свертки; спектрального анализа; цифровой фильтрации.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках базовой (обязательной) части блока Б1.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1</b> Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<b>Знать:</b> - фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы	<b>Знает:</b> физические принципы формирования и представления дискретных цифровых сигналов.
	<b>Уметь:</b> - применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<b>Умеет:</b> решать задачи по генерации, обработке, преобразованию, фильтрации цифровых дискретных сигналов.
	<b>Владеть:</b> - навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	<b>Владеет:</b> навыками по анализу цифровых фильтров, спектральному представлению и расчёта стабильности.
<b>ОПК-3</b> Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных,	<b>Знать:</b> - современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации	<b>Знает:</b> принципы поиска информации как в международных и отечественных наукометрических базах данных с помощью каталогов, а также поисковых машин. принципы хранения в сжатом виде информации посредством её анализа и обработки.
	<b>Уметь:</b> - решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации; - использовать информационно-	<b>Умеет:</b> пользоваться современными вычислительными программами для обработки информации пользоваться широкополосной се-

соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	коммуникационные технологии при поиске необходимой информации	тью для поиска информации в международных и отечественных наукометрических базах данных
	<b>Владеть:</b> - навыками обеспечения информационной безопасности	<b>Владеет:</b> алгоритмами цифровой обработки сигналов, т.е. кодирование, сжатие, с помощью которых возможно добиться информационной безопасности
<b>ОПК-5</b> Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	<b>Знать:</b> – основные принципы и закономерности протекания информационных процессов, способы обработки массивов информации с помощью различных информационных технологий и вычислительных систем для решения поставленных профессиональных задач, а также для создания новых информационных ресурсов; – типы алгоритмов и способы их написания, алгоритмические языки программирования и современные среды разработки компьютерных программ.	<b>Знать:</b> – типы алгоритмов и способы их написания, алгоритмические языки программирования и современные среды разработки компьютерных программ, используемых для решения радиотехнических задач
	<b>Уметь:</b> - обрабатывать массивы информации с помощью различных информационных технологий и вычислительных систем, оценивать и использовать их потенциал для решения профессионально-ориентированных задач; - составлять алгоритмы, писать и проводить отладку кода на языке программирования, тестировать работоспособность программы.	<b>Уметь:</b> - обрабатывать массивы информации с помощью различных информационных технологий и вычислительных систем, оценивать и использовать их потенциал для решения задач в области радиотехники; - составлять алгоритмы, писать и проводить отладку кода на языке программирования, тестировать работоспособность программы.
	<b>Владеть:</b> – способами модификации, адаптации существующих и создания новых массивов информации для осуществления профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий и вычислительных систем; - навыками использования современных языков программирования для решения профессиональных задач.	<b>Владеть:</b> – способами модификации, адаптации существующих и создания новых массивов информации навыками использования современных языков программирования для решения задач в области радиотехники.

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

## Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
1.	<b>Раздел 1 Обработка дискретных сигналов во временной области.</b>	51	9		6	35,8
2.	Тема 1. Сигналы и обработка сигналов.	2,5	0,5		0	1,8
3.	Тема 2. Свойства сигналов. Сдвиг сигналов во времени	7	1		2	4
4.	Тема 3. Ключевые тестовые сигналы. Дельта-импульс, функция Хевисайда, комплексная экспонента.	5	1		0	4
5.	Тема 4. Синусоидальные функции. Свойства дискретных во времени синусоидальных функций. Свойства дискретной во времени комплексной экспоненты.	7	1		2	4
6.	Тема 5. Представление дискретных сигналов как векторов.	5	1		0	4
7.	Тема 6. Скалярное произведение сигналов. Неравенство Коши-Шварца	7	1		2	4
8.	Тема 7. Бесконечные во времени сигналы.	5	1		0	4
9.	Тема 8. Линейные инвариантные во времени системы. Их свойства и значимость для цифровой обработки сигналов.	5	1		0	4
10.	Тема 9. Свертка сигналов. Свойства свертки и способы ее вычисления.	5	1		0	4
11.	Тема 10. Характеристика стабильности систем обработки сигналов.	2,5	0,5		0	2
12.	<b>Раздел 2 Обработка дискретных сигналов в частотной области.</b>	28,5	4,5		6	18
13.	Тема 11. Непрерывные во времени ряды Фурье. Вывод формулы, свойства. Сходимость рядов.	7,5	1,5		0	6
14.	Тема 12. Дискретное преобразование Фурье. Вывод формулы, свойства. Быстрое преобразование Фурье	13,5	1,5		6	6

15.	Тема 13. Дискретизация и восстановление сигналов. Дискретизация и теорема Найквиста. Интерполяция sinc-функцией.	7,5	1,5		0	6
16.	<b>Раздел 3 Цифровые фильтры.</b>	28,5	4,5		6	18
17.	Тема 14. Преобразование Лапласа. Регион сходимости. Реализация непрерывных во времени систем.	7,5	1,5		0	6
18.	Тема 15. z-Преобразование. Регион сходимости. Реализация дискретных во времени систем.	7,5	1,5		0	6
19.	Тема 16. Проектирование дискретных во времени фильтров.	13,5	1,5		6	6
20.	Зачет	0,2				
21.	Итого за 6 семестр	108	18	18		71,8
22.	ИТОГО:	108	18	18		71,8

**Очно-заочная форма обучения (не реализуется)**

**Заочная форма обучения (не реализуется)**

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценка освоения обучающимися содержания дисциплины (модуля) включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию обучающихся.

Внутрисеместровая аттестация проводится в форме письменной контрольной работы.

Задание на контрольную работу

1. Какие преимущества цифровой обработки сигналов и техники можно перечислить?

- а) Простота и реализуемость;
- б) стабильность и программируемость;
- в) Интегрируемость и реализуемость;
- г) Жесткость и точность.

2. Как называется значение  $n$  в дискретном во времени сигнале, обозначаемом  $x[n]$ ?

- а) Номер отсчёта;
- б) Время;

- в) Частота;
- а) Ничего.

3. Бесконечные сигналы  $x[n]$  определены для всех  $n$ , при этом  $n$  определены.

- а)  $-\infty < n < \infty$
- б)  $-\infty < n < 0$
- в)  $0 < n < \infty$
- г)  $n=1$ .

4. Какие дискретные сигналы можно назвать периодическими?

- а) если он повторяется через 1мс
- б) если он делится на  $N$
- в) если он повторяется с периодом  $N$
- г) если он повторяется через 1мкс.

5. Каким свойством можно определить сигнал  $x[n]$  является четным?

- а) если  $x[-n] = x[n]$
- б) если  $x[-n] = x[-n]$ .
- в) если  $x[n] = x[n]$ .
- г) если  $x[2n] = x[n]$

6. Какой параметр дискретного сигнала определяет Евклидова длина или 2-норма?

- а) мощность.
- б) фазу.
- в) период.
- г) частоту.

7. Что измеряет скалярное произведение между двумя сигналами?

- а) сходимость.
- б) несходство.
- в) сходство.
- г) расходимость.

8. Как называется процесс линейного преобразования входного сигнала во входной какой-либо системы?

- а) Свёртка сигнала.
- б) Усиление сигнала
- в) Умножение частоты.
- г) Преобразование частоты.

9. Как называется преобразование, с помощью которого возможно определить спектральный состав дискретного сигнала?

- а) прямое дискретное преобразование Фурье.

- б) обратное дискретное преобразование Фурье
- в) разложение в ряд Фурье.
- г) прямое преобразование Фурье.

10. Какими двумя типами могут быть дискретные фильтры?

- а) с конечной и относительной импульсной характеристикой
- б) с конечной и бесконечной импульсной характеристикой.
- в) с длинной и короткой импульсной характеристикой.
- г) с нулевой и ненулевой импульсной характеристикой.

11. Дополните определение.

Сигнал  $x(n)$  является обнаруживаемой физической величиной, по которой сообщения или информация может быть \_\_\_\_\_.

12. Дополните определение.

В дискретном сигнале  $x[n]$  независимая переменная  $n$  является \_\_\_\_\_.

13. Свободное изложение.

Опишите области применения и преимущества цифровой обработки сигналов.

14. Дополните определение.

Чем больше составляющие вектора, тем больше его длина. Можно сказать, что чем больше по амплитуде его временные отсчеты, тем \_\_\_\_\_ сигнал.

15. Установите соответствие между значением корреляции и свойствами сигналов.

Значение корреляции

- 1. 0.
- 2. 1.
- 3. -1.
- 4. 0,75.

Выполняемая функция

- а) Сигналы идентичны.
- б) Сигналы неидентичны.
- с) Сигналы противоположны.
- д) Сигналы почти идентичны.

Промежуточная аттестация обучающихся – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплинам (модулям) осуществляется в форме зачета с использованием следующих оценочных материалов:

### Вопросы к зачету ( 6 семестр, очная / форма обучения)

- 1. Сигналы и обработка сигналов.
- 2. Свойства сигналов. Сдвиг сигналов во времени

3. Ключевые тестовые сигналы. Дельта-импульс, функция Хевисайда
4. Комплексная экспонента.
5. Свойства дискретных во времени синусоидальных функций.
6. Апериодичность дискретных синусоид
7. Свойства дискретной во времени комплексной экспоненты.
8. Представление дискретных сигналов как векторов.
9. Скалярное произведение сигналов.
10. Неравенство Коши-Шварца.
11. Бесконечные во времени сигналы.
12. Линейные инвариантные во времени системы. Их свойства и значимость для цифровой обработки сигналов.
13. Свертка сигналов.
14. Свойства свертки и способы ее вычисления.
15. Характеристика стабильности систем обработки сигналов.
16. Непрерывные во времени ряды Фурье.
17. Свойства и Сходимость рядов Фурье.
18. Дискретное преобразование Фурье.
19. Свойства дискретного преобразования Фурье.
20. Быстрое преобразование Фурье.
21. Дискретизация и квантование по уровню.
22. Теорема Найквиста.
23. Интерполяция sinc-функцией.
24. Преобразование Лапласа.
25. Регион сходимости Преобразования Лапласа.
26. z-Преобразование.
27. Регион сходимости z-Преобразования.
28. Проектирование дискретных во времени фильтров.

## **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Основная литература**

1. Умняшкин, С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие : [16+] / С.В. Умняшкин. – 5-е изд., исправл. и доп. – Москва : Техносфера, 2019. – 550 с. : ил., схем. – (Мир цифровой обработки). – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=597188> (дата обращения: 01.09.2020).
2. Васюков, В.Н. Цифровая обработка сигналов: сборник задач и упражнений : [16+] / В.Н. Васюков ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 76 с. : ил., табл. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576569> (дата обращения: 01.09.2020).

### **4.2. Дополнительная литература**

1. Современные алгоритмы обработки пространственно-временных сигналов в сетях связи : учебное пособие : [16+] / В.П. Федосов, В.В. Воронин, С.В. Кучерявенко и др. ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 99



- с. : ил., табл., схем. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577755> (дата обращения: 01.09.2020).
2. Вальке, А.А. Электронные средства сбора и обработки информации : учебное пособие / А.А. Вальке, В.А. Захаренко ; Минобрнауки России, Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. – 112 с. : табл., схем., ил. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493448> (дата обращения: 01.09.2020).

## **V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>№ пп</b>	<b>Ссылка на информационный ресурс</b>	<b>Наименование разработки в электронной форме</b>	<b>Доступность</b>
1.	<a href="http://www.dsplib.ru/">http://www.dsplib.ru/</a>	Теория и практика цифровой обработки сигналов	Свободный доступ.
2.	<a href="http://www.lan23.ru/">http://www.lan23.ru/</a>	Информационный некоммерческий портал беспроводных коммуникаций. Обзор аппаратных и программных средств сетей Wi-Fi. Вардрайвинг.	<a href="http://www.lan23.ru/">http://www.lan23.ru/</a>
3.	<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>	Электронно-библиотечная система.	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет

## **VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

- Microsoft Windows;
  - Microsoft Office;
  - LibreOffice и др.
- Micro-Cap — SPICE-подобная программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором. Имеется бесплатная студенческая версия (demo).

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях, оснащенных : Отладочная плата LPC2378-STK, отладочный набор DL-Atlys Spartan-6 FPGA, источник постоянного тока HY3005, паяльная станция Аоуе 768, генератор сигналов высокочастотный Г4-153, генератор ТВ сигналов.

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.