

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись)      Страхов С. Ю.  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Направление/специальность подготовки	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Специализация/профиль/программа подготовки	Автоматизированные системы обработки информации и управления в бортовых вычислительных комплексах
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	5	180	68	51	17	0	112	0	0	112	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Рогожин Василий Александрович, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 — способность понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности
ПСК-4.2 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-2**

*знания:*

современного спектра задач изучаемой дисциплины; принципов анализа и обработки сигналов в современных информационных программных и аппаратных системах; принципов анализа свойств детерминированных сигналов и радиотехнических цепей; основ спектрального и корреляционного анализа непрерывных и дискретных сигналов; основных видов модуляции сигналов и особенностей их применения;

*умения:*

применять современный математический аппарат и физические законы для задач теоретического анализа сигналов и цепей различной сложности; выполнять спектральный и корреляционный анализ (в том числе методами математического моделирования); выполнять анализ прохождения детерминированных сигналов в бортовых вычислительных системах и комплексах;

*навыки:*

применения теоретических знаний и умений для анализа конкретных сигналов, и цепей при помощи самостоятельного решения математических уравнений, математического и компьютерного моделирования, экспериментальных исследований на современном измерительном и диагностическом оборудовании.

### **ПСК-4.2**

*знания:*

физического смысла корреляционной связи сигналов, понятия и физического смысла спектра сигнала, назначения и особенностей применения импульсной характеристики, переходной характеристики и комплексного коэффициента передачи; физических ограничений, возникающих при экспериментальном исследовании указанных величин и характеристик, в том числе при выполнении компьютерного моделирования;

*умения:*

с использованием методов компьютерного моделирования и пакетов специализированных программ экспериментально определять спектры периодических и не периодических сигналов; определять их корреляционные и автокорреляционные функции; определять основные частотные и временные характеристики радиотехнических цепей;

*навыки:*

применения полученных теоретических и практических знаний и умений для экспериментального исследования конкретных сигналов и цепей, как при помощи самостоятельного решения математических уравнений, так и с использованием специализированных программных средств и методов математического моделирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *09.03.01 Информатика и вычислительная техника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ, МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-2	ПСК-4.2
3	5	<b>Раздел 1. Основные понятия дисциплины.</b> Предмет радиотехники, радиоволны и особенности их распространения, понятие радиосигнала. Обобщенная структурная схема радиотехнической системы передачи информации. Основные преобразования сигналов в радиотехнических цепях и системах. Классификация радиотехнических сигналов и цепей. Значение дисциплины как теоретической основы всех направлений радиотехники. Особенности применения бортовых систем для решения задач радиотехники.	17	7	4	3	10	15	15
3	5	<b>Раздел 2. Сигналы, их спектральный и корреляционный анализ.</b> Разложение сигнала по заданной системе функций. Спектральный анализ периодических сигналов. Тригонометрический ряд Фурье. Формы представления ряда Фурье, спектры периодических сигналов. Спектральный анализ непериодических сигналов. Преобразование Фурье и его свойства. Спектры непериодических сигналов. Фурье – анализ неинтегрируемых сигналов. Корреляционный анализ сигналов. Автокорреляционная функция периодического и непериодического сигналов, свойства. Взаимная корреляционная функция сигналов, ее свойства. Основы корреляционно – спектрального анализа. Аналитический сигнал и преобразование Гильберта.	52	22	14	8	30	5	40
3	5	<b>Раздел 3. Модулированные сигналы и их анализ.</b> Модуляция и демодуляция сигналов - основные понятия и виды модуляции. Амплитудно-модулированные сигналы (АМ): временное, частотное и векторное представление АМ-сигнала при гармонической модуляции. Спектр и энергетические характеристики АМ-сигналов. Разновидности АМ-сигналов. Демодуляция АМ. Колебания с угловой модуляцией (УМ). Гармоническая УМ. Спектры радиосигналов при гармонической УМ. Энергетические характеристики колебаний с УМ. Разновидности модулированных сигналов: квадратурная модуляция, амплитудно-импульсная модуляция, внутриимпульсная модуляция, ЛЧМ – сигнал, ФКМ – сигнал, широтно – импульсная модуляция, время – импульсная модуляция. Амплитудная, частотная и фазовая манипуляции.	22	7	7	0	15	20	10
3	5	<b>Раздел 4. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.</b> Особенности анализ линейных стационарных радиотехнических цепей. Системные характеристики линейной цепи: импульсная, переходная и передаточная. Спектральный и временной методы анализа прохождения сигналов через линейные цепи. Условия неискаженной передачи сигнала линейной цепью. Связь между модулем, аргументом и передаточной характеристикой линейной цепи. Способы описания линейных систем. Радиотехнические цепи с обратной связью. Классификация видов обратных связей.	18	6	6	0	12	20	0
3	5	<b>Раздел 5. Дискретизация радиотехнических сигналов.</b> Дискретное (цифровое) представление сигналов. Теорема В.А. Котельникова. Спектр дискретного (цифрового) сигнала. Восстановление сигнала по его отсчетам. Характеристики восстанавливающего фильтра и особенности восстановления реальных сигналов. Метод Z–преобразования, характеристики и формы реализации дискретных фильтров; дискретное преобразование Фурье и его свойства.	29	14	8	6	15	10	25
3	5	<b>Раздел 6. Особенности цифровой обработки сигналов.</b> Достоинства и недостатки цифровой обработки сигналов. Характеристики дискретных сигналов. Линейные дискретные цепи с постоянными параметрами. Системные характеристики дискретной цепи. Дискретное преобразование Фурье и дискретная свертка. Быстрое преобразование Фурье. Цифровые фильтры. Системные функции и структурные схемы нерекурсивных и рекурсивных цифровых фильтров.	21	6	6	0	15	10	10
3	5	<b>Раздел 7. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.</b> Нелинейные безынерционные элементы (НЭ). Методы аппроксимации ВАХ НЭ. Методы спектрального анализа нелинейных цепей. Понятие угла отсечки, функции и коэффициенты А.И. Берга. Применение нелинейных элементов для решения радиотехнических задач: умножение частоты, модуляция и детектирование сигналов, усиление сигналов. Автоколебательные цепи. Возникновение колебаний в автоколебательной цепи. Обобщенная схема автогенератора. Условия существования установившихся колебаний в автогенераторе. Режимы самовозбуждения колебаний в автогенераторе.	21	6	6	0	15	20	0
Всего за 5 семестр			180	68	51	17	112	100	100
Всего по дисциплине			180	68	51	17	112	100	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия дисциплины.	Формы представления, теоретические и практические подходы к моделированию детерминированных сигналов	3
2	Раздел 2. Сигналы, их	Выполнение спектрального анализа периодического	4

	спектральный и корреляционный анализ.	сигнала теоретическими методами	
3		Теоретическое и экспериментальное применение преобразований и рядов Фурье в целях анализа детерминированных сигналов	4
4	Раздел 5. Дискретизация радиотехнических сигналов.	Компьютерное моделирование процессов анализа и обработки сигналов в радиотехнических системах	6
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия дисциплины.	Классификация сигналов и их характеристики	5
2		Теоретическое и практическое моделирование детерминированных сигналов	5
3	Раздел 2. Сигналы, их спектральный и корреляционный анализ.	Спектральный анализ периодических сигналов	15
4		Спектральный анализ непериодических сигналов	5
5		Корреляционный анализ периодических сигналов	5
6		Корреляционный анализ непериодических сигналов	5
7	Раздел 3. Модулированные сигналы и их анализ.	Модулированные сигналы (амплитудная, частотная и фазовая модуляция)	10
8		Модулированные сигналы (импульсная модуляция)	5
9	Раздел 4. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.	Частотные характеристики линейных радиотехнических цепей с постоянными параметрами	6
10		Временные характеристики линейных радиотехнических цепей с постоянными параметрами	6
11	Раздел 5. Дискретизация радиотехнических сигналов.	Временной метод расчета сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи	10
12		Дискретизация радиотехнических сигналов	5
13	Раздел 6. Особенности цифровой обработки сигналов.	Особенности цифровой обработки сигналов	5
14		Анализ прохождения импульсного сигнала через линейную цепь	10
15	Раздел 7. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.	Свойства нелинейных цепей	7
16		Преобразования сигналов в нелинейных цепях	8
Всего за 5 семестр			112

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5				ЛР		ДР	ЛР	Контр.Р.		ДР	ЛР			ЛР	Контр.Р.	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;

- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. И. Нефёдов, А. С. Сигов. . Радиотехнические цепи и сигналы. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. И. В. Ершова. . Радиотехнические цепи и сигналы. Нелинейные цепи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
3. И. С. Гоноровский. . Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Советское радио, 1977, 35 экз.
4. М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы. Санкт-Петербург: Питер, 2021, эл. рес.
5. С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 2002, 44 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов. М.: Питер, 2006, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. NI Multisim - академическая версия;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. NI Multisim - академическая версия;
2. Mathcad Education - University Edition Term.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *09.03.01 Информатика и вычислительная техника*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-2 способность понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности;

ПСК-4.2 способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с : 1. Изучением и анализом сигналов, применяемых в радиотехнике и, в том числе, обрабатываемых в бортовых вычислительных системах и комплексах (классификация, спектральный и корреляционный анализ детерминированных сигналов). 2. Изучением основных модулированных сигналов, применяемых в бортовых вычислительных системах и комплексах. 3. Анализом дискретных (цифровых) сигналов. 4. Анализом основных характеристик линейных и нелинейных радиотехнических цепей и изучением способов расчета прохождения сигналов через цепи. 5. Практическим анализом сигналов и их характеристик, в том числе моделированием сигналов и процессов преобразования сигналов в бортовых вычислительных системах и комплексах. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: Математика, Физика, теоретические основы электротехники.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**51 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**112 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 112 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основные понятия дисциплины.		
Классификация сигналов и их характеристики	С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (1) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (1)	5
Теоретическое и практическое моделирование детерминированных сигналов	В. И. Нефёдов, А. С. Сигов. . Радиотехнические цепи и сигналы: Москва: Юрайт, 2020 (1) И. С. Гоноровский. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Советское радио, 1977 (1)	5
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Сигналы, их спектральный и корреляционный анализ.		
Спектральный анализ периодических сигналов	И. С. Гоноровский. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Советское радио, 1977 (2) С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (2-3) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (1)	15
Спектральный анализ непериодических сигналов		5
Корреляционный анализ периодических сигналов		5
Корреляционный анализ непериодических сигналов		5
Итого по разделу 2		30
Раздел 3. Модулированные сигналы и их анализ.		
Модулированные сигналы (амплитудная, частотная и фазовая модуляция)	М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (2) С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (4) И. С. Гоноровский. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Советское радио, 1977 (3)	10
Модулированные сигналы (импульсная модуляция)		5
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.		
Частотные характеристики линейных радиотехнических цепей с постоянными параметрами	С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (8) И. С. Гоноровский. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Советское радио, 1977 (5-6) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (4)	6
Временные характеристики линейных радиотехнических цепей с постоянными параметрами		6
Итого по разделу 4		12
Раздел 5. Дискретизация радиотехнических сигналов.		

Временной метод расчета сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи	А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (3-6)	10
Дискретизация радиотехнических сигналов	М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (1-6) С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (15)	5
Итого по разделу 5		15
<b>Раздел 6. Особенности цифровой обработки сигналов.</b>		
Особенности цифровой обработки сигналов	С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (15) А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (3-6)	5
Анализ прохождения импульсного сигнала через линейную цепь	М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (1-6)	10
Итого по разделу 6		15
<b>Раздел 7. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.</b>		
Свойства нелинейных цепей	В. И. Нефёдов, А. С. Сигов. . Радиотехнические цепи и сигналы: Москва: Юрайт, 2020 (1-5)	7
Преобразования сигналов в нелинейных цепях	И. В. Ершова. . Радиотехнические цепи и сигналы. Нелинейные цепи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1-11)	8
Итого по разделу 7		15

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену;
- лабораторная работа;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Контрольная работа

Контрольная работа по пройденным темам теоретических и лабораторных занятий, а так же по вопросам самостоятельной подготовки.

#### Вопросы к экзамену

1. Введение – предмет радиотехники.
2. Обобщенная структурная схема системы передачи информации.
3. Радиоволны и особенности их распространения.
4. Обобщенная структура радиотехнического канала связи.
5. Классификация сигналов.
6. Энергетические характеристики детерминированных сигналов.
7. Примеры сигналов, свойства.
8. Понятие ортогональных сигналов.
9. Классификация радиотехнических цепей.
10. Спектральный анализ сигналов, тригонометрический ряд Фурье.
11. Три формы представления ряда Фурье.
12. Спектры периодических сигналов.
13. Спектральный анализ непериодических сигналов.
14. Преобразование Фурье.
15. Спектры непериодических сигналов.
16. Свойства преобразования Фурье.
17. Фурье – анализ неинтегрируемых сигналов.
18. Корреляционный анализ детерминированных сигналов.
19. Автокорреляционная функция периодического сигнала.
20. Автокорреляционная функция непериодического сигнала.
21. Взаимная корреляционная функция.
22. Связь между корреляционными функциями и спектрами сигналов.
23. Модуляция и демодуляция сигналов.
24. Амплитудная модуляция.
25. Однотональная (гармоническая) амплитудная модуляция.
26. Демодуляция (детектирование) АМ – сигнала.
27. Разновидности амплитудной модуляции.
28. Модуляция сигналов: угловая модуляция (ФМ, ЧМ, гармоническая угловая модуляция).
29. Квадратурная модуляция.
30. Амплитудно-импульсная модуляция, внутриимпульсная модуляция, ЛЧМ – сигнал, ШИМ, ВИМ.
31. Амплитудная, частотная и фазовая манипуляции.
32. Линейные цепи с постоянными параметрами.
33. Частотные и временные характеристики линейных цепей.
34. Радиотехнические цепи с обратной связью, коэффициент передачи цепи с ОС, классификация видов ОС.
35. Дискретизация сигналов, частота Найквиста.

36. Спектр дискретного сигнала.
37. Влияние формы дискретизирующих импульсов на спектр.
38. Теорема Котельникова.
39. Дискретное преобразование Фурье.
40. Свойства дискретного преобразования Фурье.
41. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
42. Классификация дискретных систем.
43. Алгоритм дискретной фильтрации.
44.  $Z$  – преобразование, системная функция дискретного фильтра.
45. Формы реализации цифровых фильтров.
46. Нелинейные радиотехнические цепи.
47. Нелинейные элементы, их характеристики и параметры.
48. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов.
49. Методы спектрального анализа нелинейных цепей.
50. Выделение полезных составляющих из спектра отклика нелинейного элемента.
51. Умножение частоты.
52. Линейное и нелинейное усиление сигналов.
53. Получение сигналов с амплитудной и угловой модуляцией.
54. Детектирование сигналов.
55. Автоколебательные цепи.
56. Возникновение колебаний в автогенераторе.
57. Условие существования постоянных колебаний в автогенераторе.
58. Режимы самовозбуждения колебаний в автогенераторе.

### **Лабораторная работа**

Лабораторная работа выполняется по заданной теме и состоит из:

1. Теоретическая (расчетная часть).
2. По заданию преподавателя - экспериментальная часть (моделирование на ПК).

Критерий оценивания:

1. Минимальные требования (баллы): в целом корректно выполнен теоретический расчет (решение задачи) по теме работы.
2. Максимальный балл выставляется в случае, если полно и правильно выполнены все задания преподавателя по теме работы; даны верные ответы на дополнительные вопросы.

### **Экзамен**

На экзамене студенту предлагается 2 теоретических вопроса. Корректный ответ на один вопрос - "удовлетворительно", неполный ответ на оба вопроса - "хорошо". Развернутый ответ на оба вопроса - "отлично".

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-2	ПСК-4.2	
3	5	Раздел 1. Основные понятия дисциплины.	17	7	4	3	10	15	15	Вопросы к экзамену, Контрольная работа, Лабораторная работа
3	5	Раздел 2. Сигналы, их спектральный и корреляционный анализ.	52	22	14	8	30	5	40	Вопросы к экзамену, Контрольная работа, Лабораторная работа
3	5	Раздел 3. Модулированные сигналы и их анализ.	22	7	7	0	15	20	10	Вопросы к экзамену, Контрольная работа
3	5	Раздел 4. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.	18	6	6	0	12	20	0	Вопросы к экзамену, Контрольная работа
3	5	Раздел 5. Дискретизация радиотехнических сигналов.	29	14	8	6	15	10	25	Вопросы к экзамену, Контрольная работа, Лабораторная работа
3	5	Раздел 6. Особенности цифровой обработки сигналов.	21	6	6	0	15	10	10	Вопросы к экзамену, Контрольная работа
3	5	Раздел 7. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.	21	6	6	0	15	20	0	Вопросы к экзамену, Контрольная работа
Всего за 5 семестр			180	68	51	17	112	100	100	
Всего по дисциплине			180	68	51	17	112	100	100	

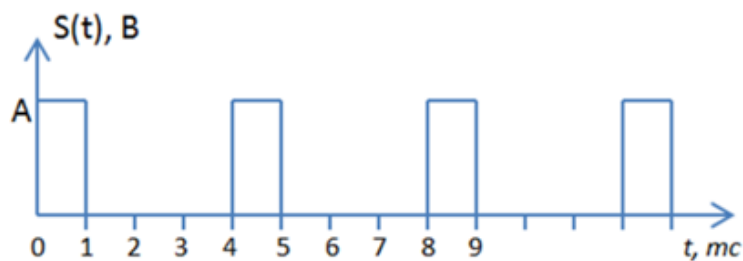


## Критерии оценивания

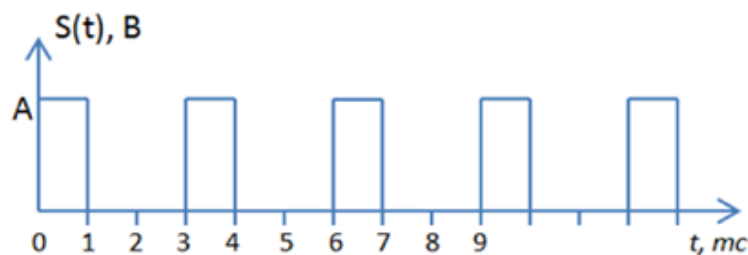
### ОПК-2

Вопросы открытого типа:

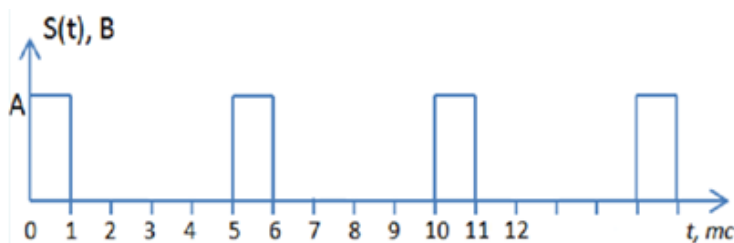
- № 1 Сформулируйте основные определения (особенности), характеризующие линейную радиотехническую цепь.
- № 2 Сформулируйте основные определения (особенности), характеризующие нелинейную радиотехническую цепь.
- № 3 Сформулируйте условие ортогональности 2-х сигналов на заданном временном интервале.
- № 4 Сигналы, удовлетворяющие каким условиям, могут подвергаться разложению в ряд Фурье?
- № 5 Перечислите виды модуляции, изученные в курсе «Радиотехнические цепи и сигналы»
- № 6 Какая частота сигнала будет соответствовать длине волны 3см?  
(Ответ представить в Мегагерцах)
- № 7 Какая частота сигнала будет соответствовать длине волны 8мм?  
(Ответ представить в Мегагерцах)
- № 8 Какая длина волны будет соответствовать частоте 10ГГц?  
  
(Ответ записать в сантиметрах)
- № 9 Вычислите взаимную энергию сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  на интервале, равном периоду повторения сигнала  $S_1(t)$ . Ответ представить в джоулях и округлить до целого значения.
- $S_1(t)=10 \cdot \cos(10\omega t);$   
 $S_2(t)=4 \cdot \cos(20\omega t);$   
 $\omega=1\text{КГц}.$
- № 10 Вычислите взаимную энергию сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  на интервале, равном периоду повторения сигнала  $S_1(t)$ . Ответ представить в джоулях и округлить до целого значения.
- $S_1(t)=30 \cdot \cos(30\omega t);$   
 $S_2(t)=24 \cdot \cos(60\omega t);$   
 $\omega=10\text{КГц}.$
- № 11 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



- № 12 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



- № 13 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 В радиотехнических и информационных системах детерминированным сигналом называют:

- А. Сигнал, который в любой момент времени принимает конкретное значение с некоторой вероятностью от 0 до 1.
- Б. Сигнал, для которого выполнена дискретизация по времени и квантование по уровню.
- В. Сигнал, амплитудный спектр которого является дискретным.
- Г. Сигнал, мгновенное значение которого в любой момент времени известно точно (с вероятностью равной единице).

- № 2 В радиотехнических и информационных системах случайным сигналом называют:

- А. Сигнал, который в любой момент времени принимает конкретное значение с некоторой вероятностью от 0 до 1.
- Б. Сигнал, для которого выполнена дискретизация по времени и квантование по уровню.
- В. Сигнал, амплитудный спектр которого является дискретным .
- Г. Сигнал, мгновенное значение которого в любой момент времени известно точно (с вероятностью равной единице).

- № 3 Сигналы ортогональны на временном интервале  $(t_1, t_2)$  если:

- А. Их взаимная энергия не равна нулю на этом интервале.
- Б. Их взаимная энергия не равна нулю за пределами интервала  $(t_1, t_2)$ .
- В. Сумма их мощностей конечна.
- Г. Их взаимная энергия равна нулю на интервале  $(t_1, t_2)$ .

- № 4 Коэффициенты разложения сигнала в обобщенный ряд  $S(t) = C_0 \cdot \varphi_0(t) + C_1 \cdot \varphi_1(t) + C_2 \cdot \varphi_2(t) + \dots + C_n \cdot \varphi_n(t) + \dots$  определяются как:

- А. Отношение энергии сигнала к взаимной энергии базисных функций
- Б. Отношение взаимной энергии сигнала и базисной функции к энергии базисной функции.

- В. Отношение энергии базисной функции к взаимной энергии сигнала и базисной функции.
- Г. Отношение энергии сигнала к энергии базисной функции.
- № 5 Скважностью периодической последовательности импульсов называют:
- А. Отношение длительности сигнала к его периоду.
- Б. Отношение длительности импульсов к периоду их следования.
- В. Отношение периода следования импульсов к их длительности.
- Г. Нет верного ответа
- № 6 Прямое преобразование Фурье позволяет вычислить следующее:
- А. Спектральную плотность сигнала  $S(\omega)$  по известному сигналу  $S(t)$ .
- Б. Сигнал  $S(t)$  по его известной спектральной плотности.
- В. Сигнал  $S(t)$  по его известному амплитудному спектру.
- Г. Сигнал  $S(t)$  по его известным коэффициентам разложения в комплексную форму ряда Фурье.
- № 7 Обратное преобразование Фурье позволяет вычислить следующее:
- А. Спектральную плотность сигнала  $S(\omega)$  по известному сигналу  $S(t)$ .
- Б. Сигнал  $S(t)$  по его известной спектральной плотности  $S(\omega)$ .
- В. Сигнал  $S(t)$  по его известному амплитудному спектру.
- Г. Сигнал  $S(t)$  по его известным коэффициентам разложения в комплексную форму ряда Фурье.
- № 8 Отметьте свойства, которые верны для взаимной корреляционной функции (ВКФ) двух сигналов (один или несколько верных ответов):
- А. Значение ВКФ при  $\tau = 0$  не является максимально возможным.
- Б. Значение ВКФ при  $\tau = 0$  является максимально возможным.
- В. С ростом абсолютного значения  $\tau$  ВКФ сигналов с конечной энергией затухает.
- Г. ВКФ является нечетной функцией.
- № 9 Отметьте свойства, которые верны для автокорреляционной функции (АКФ) непериодического сигнала (один или несколько верных ответов):
- А. Значение АКФ при  $\tau = 0$  равно средней мощности анализируемого сигнала.
- Б. Размерность АКФ равна квадрату размерности сигнала (В2, если размерность сигнала - напряжение).
- В. Значение АКФ при  $\tau = 0$  равно энергии анализируемого сигнала.
- Г. АКФ является четной функцией своего аргумента.
- № 10 Д. С ростом абсолютного значения  $\tau$  АКФ сигнала с конечной энергией затухает. Выберите утверждения, которые являются верными (один или несколько верных ответов):
- А. Цепь является нелинейной, если все коэффициенты описывающего ее дифференциального уравнения зависят от времени, но не зависят от величины входного воздействия.
- Б. Цепь является нелинейной, если хотя бы один из коэффициентов описывающего ее дифференциального уравнения зависит от величины входного воздействия, но

не зависит от времени.

В. Цепь является нелинейной, если параметры хотя бы одного из входящих в нее радиотехнических элементов зависят от величины входного воздействия.

Г. Цепь является нелинейной, если все коэффициенты описывающего ее дифференциального уравнения – постоянные величины, не зависящие от времени и входного воздействия.

№ 11

Выберите изученные в курсе лекций методы аппроксимации характеристик нелинейных элементов (цепей) (один или несколько верных ответов):

А. Метод аппроксимации характеристики цепи (элемента) полиномом.

Б. Метод кусочно-линейной аппроксимации.

В. Метод угла отсечки.

Г. Метод, основанный на использовании тригонометрических формул кратного аргумента.

Д. Метод разложения в тригонометрический ряд Фурье.

Е. Метод аппроксимации входного гармонического воздействия рядом функций Берга.

№ 12

Что из перечисленного ниже относится к методам спектрального анализа нелинейных цепей? (один или несколько верных ответов)

А. Метод кусочно-линейной аппроксимации.

Б. Метод разложение сигнала в тригонометрический ряд Фурье.

В. Метод, основанный на использовании тригонометрических формул кратного аргумента.

Г. Метод угла отсечки.

#### ПСК-4.2

*Вопросы открытого типа:*

№ 1

Сформулируйте теорему Котельникова (в части выбора частоты дискретизации сигнала).

№ 2

Сформулируйте особенности применения алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ).  
(в части точностных характеристик, быстродействия и ограничений на сигналы)

№ 3

Что из себя представляет спектр дискретного сигнала (по сравнению со спектром исходного сигнала)?

№ 4

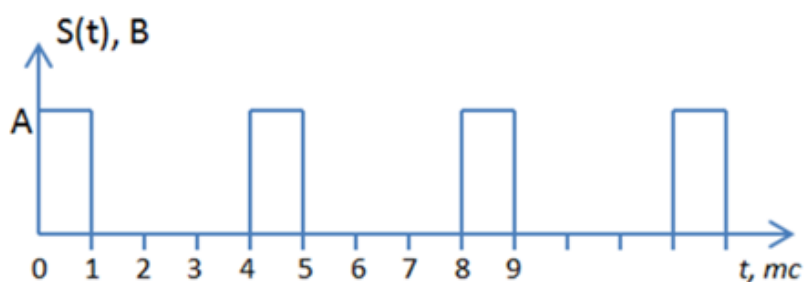
Для каких сигналов применяется дискретное преобразование Фурье (ДПФ)?

№ 5

Сформулируйте основные достоинства и недостатки цифровой обработки сигналов.

№ 6

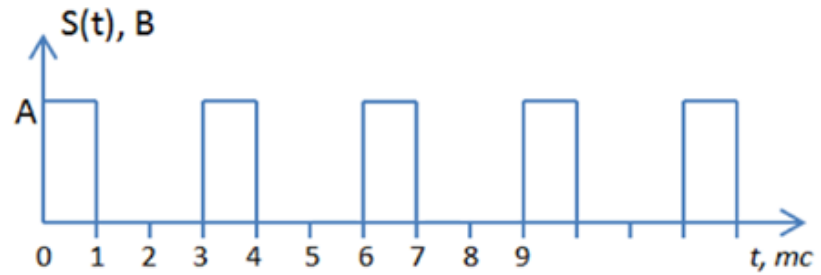
Определите расстояние между соседними спектральными составляющими в амплитудном спектре следующей периодической последовательности. Ответ представить в герцах с округлением до целого значения



№ 7

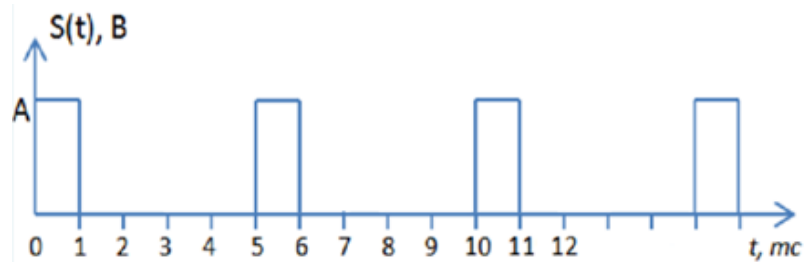
Определите расстояние между соседними спектральными составляющими в амплитудном спектре следующей периодической последовательности. Ответ

представить в герцах с округлением до целого значения



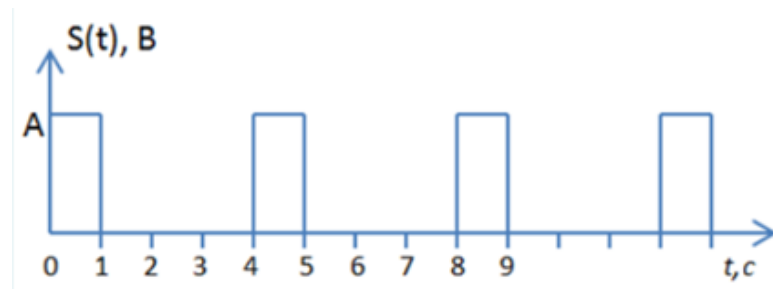
№ 8

Определите расстояние между соседними спектральными составляющими в амплитудном спектре следующей периодической последовательности. Ответ представить в герцах с округлением до целого значения



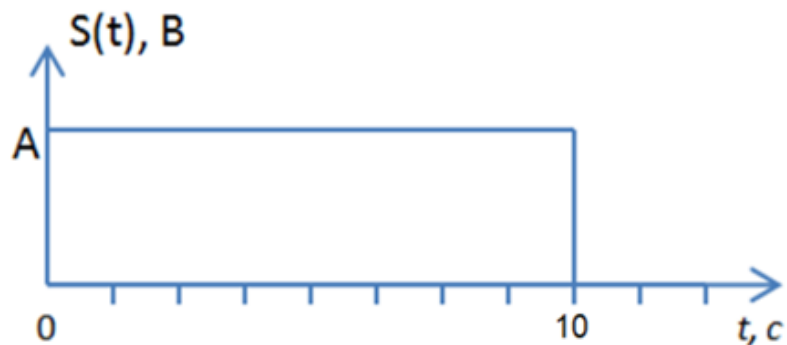
№ 9

Определите расстояние между соседними спектральными составляющими в амплитудном спектре следующей периодической последовательности. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



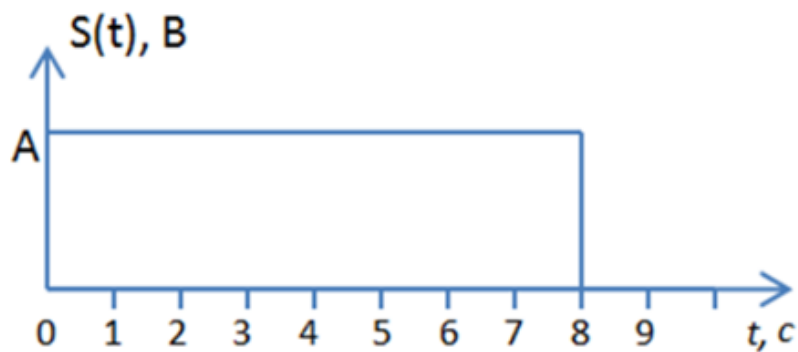
№ 10

Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.

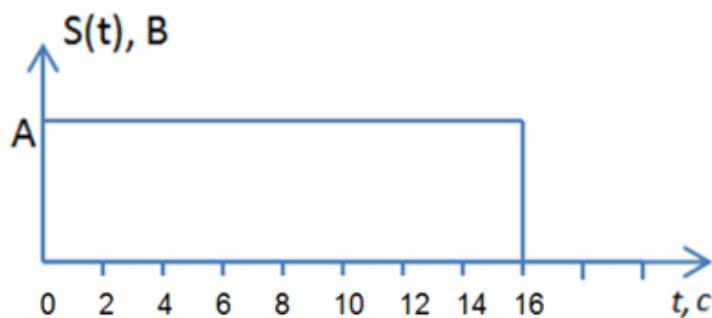


№ 11

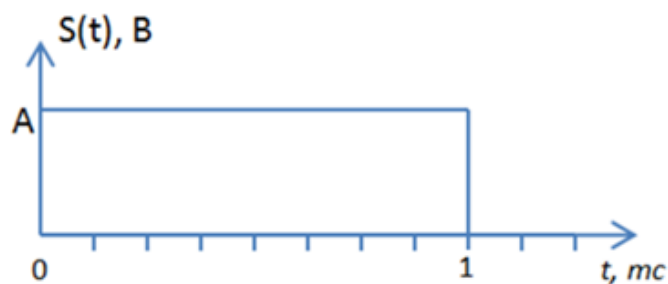
Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до тысячных долей.



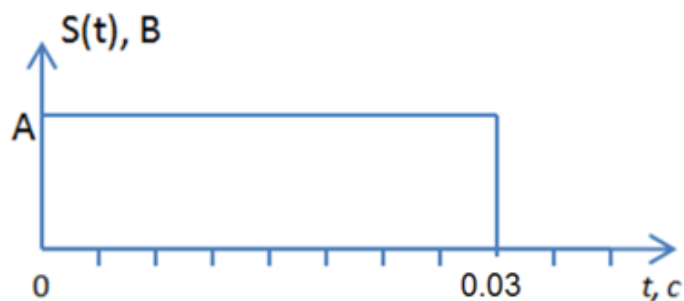
- № 12 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до тысячных долей.



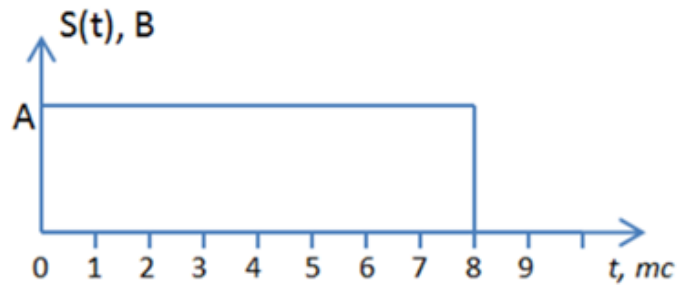
- № 13 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



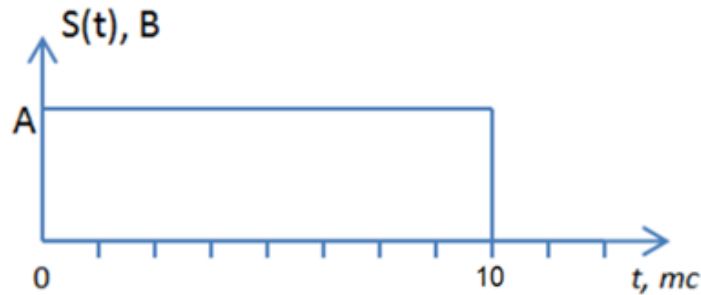
- № 14 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



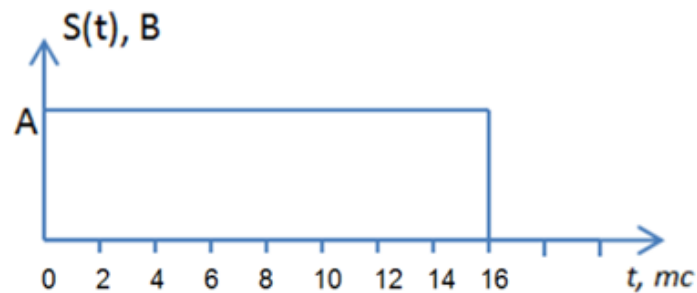
- № 15 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



- № 16 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



- № 17 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



Вопросы закрытого типа:

- № 1 Про пару сигналов  $S_1(t) = A \cdot \cos(2\omega t)$  и  $S_2(t) = B \cdot \cos(4\omega t)$  можно сказать следующее:
- А. Взаимная энергия этих сигналов равна 0 на любом временном интервале.
  - Б. Сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  являются ортогональными только на интервале  $4\omega t$ .
  - В. Сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  являются ортогональными только на интервале  $2\omega t * 4\omega t$ .
  - Г. Взаимная энергия сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  равна произведению  $A$  на  $B$ .
- № 2 Про пару сигналов  $S_1(t) = A \cdot \cos(3\omega t)$  и  $S_2(t) = B \cdot \cos(6\omega t)$  можно сказать следующее:
- А. Сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  являются взаимно ортогональными друг другу.
  - Б. Сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  являются ортогональными только на интервале  $18\omega t$ .
  - В. Нет правильного ответа.
  - Г. Взаимная энергия сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  равна произведению  $A$  на  $B$ .
- № 3 Спектральная плотность суммы 2-х сигналов равна:
- А. Свертке спектральных плотностей этих сигналов.
  - Б. Произведению спектральных плотностей этих сигналов.
  - В. Свертке одного сигнала со спектральной функцией другого сигнала.
  - Г. Сумме спектральных плотностей этих сигналов.
- № 4 При задержке сигнала во временной области на время  $\tau$  его спектральная плотность меняется следующим образом:

- А. Фазовый спектр не меняется, амплитудный спектр умножается на  $t$ .
- Б. Спектральная плотность сигнала умножается на  $e^{-i\omega t}$ .
- В. Амплитудный спектр не меняется, фазовый спектр умножается на  $e^{-i\omega t}$ .
- Г. Спектральная плотность сигнала делится на  $e^{-i\omega t}$ .
- № 5 Спектральная плотность произведения 2-х сигналов равна:
- А. Сумме спектральных плотностей этих сигналов.
- Б. Произведению спектральных плотностей этих сигналов.
- В. Свертке спектральных плотностей этих сигналов.
- Г. Свертке одного сигнала со спектральной функцией другого сигнала.
- № 6 Спектральная плотность свертки 2-х сигналов равна:
- А. Сумме спектральных плотностей этих сигналов.
- Б. Произведению спектральных плотностей этих сигналов.
- В. Свертке спектральных плотностей этих сигналов.
- Г. Свертке одного сигнала со спектральной функцией другого сигнала.
- № 7 При дифференцировании сигнала во временной области его спектральная функция изменяется следующим образом:
- А. К амплитудному спектру сигнала добавляется  $i\omega$ .
- Б. Спектральная функция исходного сигнала умножается на  $i\omega$ .
- В. Спектральная функция исходного сигнала делится на  $i\omega$ .
- Г. Спектральная функция сигнала при его дифференцировании во временной области не изменяется.
- № 8 В каких случаях сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  будут некоррелированными (один или несколько верных ответов)?
- А. В случае, если фазовые спектры этих сигналов совпадают.
- Б. В случае, если фазовые спектры этих сигналов равны нулю.
- В. В случае, если их спектральные плотности одинаковые.
- Г. В случае, если их спектральные плотности не пересекаются (сосредоточены в различных частотных интервалах).
- Д. В случае, если взаимная энергия этих сигналов равна нулю.
- № 9 Сопоставьте сигналы и соответствующие им виды спектральных плотностей:
1. Периодический сигнал.
  2. Дискретный сигнал.
  3. Импульсный (финитный) сигнал.
- А. Фазовый спектр всегда равен 0.
- Б. Амплитудный спектр всегда равен 0.
- В. В общем случае бесконечный спектр.



- Г. Периодический спектр.
- Д. Дискретный спектр.
- № 10 Отметьте утверждения, которые будут верными для цифровых фильтров (один или несколько верных ответов):
- А. В нерекурсивных цифровых фильтрах при вычислениях не используются предыдущие отсчеты выходного сигнала, при этом в схеме фильтра отсутствуют обратные связи.
- Б. В цифровых фильтрах с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтрах) при вычислениях используются предыдущие отсчеты выходного сигнала, при этом в схеме фильтра отсутствуют обратные связи.
- В. В цифровых фильтрах с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтрах) при вычислениях используются предыдущие отсчеты выходного сигнала, при этом в схеме фильтра отсутствуют обратные связи.
- Г. В рекурсивных цифровых фильтрах при вычислениях используются предыдущие отсчеты выходного сигнала, при этом в схеме фильтра присутствуют обратные связи.
- № 11 Сопоставьте термины и определения:
1. Детерминированный сигнал.
  2. Случайный сигнал.
  3. Цифровой сигнал.
  4. Финитный сигнал.
- А. Сигнал конечной длительности.
- Б. Сигнал, мгновенное значение которого заранее не известно и может быть предсказано лишь с некоторой вероятностью, меньше единицы.
- В. Сигнал, мгновенное значение которого в любой момент времени известно точно.
- Г. Сигнал, квантованный по величине и дискретный по времени.
- № 12 Сопоставьте терминам подходящие определения:
1.  $\delta$  - функция (Дельта - функция).
  2. Функция Хевисайда.
  3. Финитный сигнал.
- А. Бесконечно короткий скачок в нулевой момент времени с единичной амплитудой.
- Б. Бесконечно короткий по времени и бесконечно большой по значению скачок в нулевой момент времени.
- В. Единичный скачок в нулевой момент времени.

Г. Сигнал конечной длительности.

Д. Бесконечный по длительности сигнал.