

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ

Направление/специальность подготовки \_\_\_\_\_ **11.03.01 Радиотехника**

Специализация/профиль/программа подготовки \_\_\_\_\_ **Радиоэлектронные системы**

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	
2	4	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	зач.
3	5	5	180	51	34	17	0	129	0	0	129	диф. зач.
ВСЕГО		8	288	102	68	17	17	186	0	0	186	

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**11.03.01 Радиотехника**

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-1 — способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
ОПК-2 — способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных
ПСК-1.1 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
ПСК-1.2 — способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **ОПК-1**

*знания:*

современного спектра задач изучаемой дисциплины, принципов анализа свойств математических функций и сигналов, а так же физических систем (радиотехнических цепей);

*умения:*

применять современный математический аппарат и физические законы для задач теоретического анализа сигналов и цепей различной сложности;

*навыки:*

применения теоретических знаний и умений для анализа конкретных функций, сигналов и цепей при помощи самостоятельного решения математических уравнений.

## **ОПК-2**

*знания:*

основных приемов обработки и представления параметров сигналов и радиотехнических цепей; основных задач и возможностей спектрального и корреляционного анализа; способов модуляции и демодуляции сигналов; способов описания радиотехнических цепей; понятия и физического смысла спектра сигнала;

*умения:*

аналитически и экспериментально применять различные способы и приемы обработки и анализа сигналов и их спектральных характеристик; выполнять исследования радиотехнических цепей и результатов прохождения сигналов через них;

*навыки:*

применение полученных теоретических и практических знаний и умений для практического анализа конкретных сигналов, и цепей, как при помощи самостоятельного решения математических уравнений, так и с использованием специализированных программных средств на ПК.

## **ПСК-1.1**

*знания:*

принципов математического моделирования основных характеристик и параметров радиотехнических цепей; процессов прохождения сигналов через линейные и нелинейные цепи; спектрального и корреляционного анализа периодических и непериодических сигналов; различных способов модуляции и демодуляции сигналов;

*умения:*

аналитически применять методы моделирования для реализации различных видов модуляции сигналов; для формирования сигналов. Применять ряды и преобразования Фурье для анализа сложных сигналов и их спектров методами моделирования;

*навыки:*

применения полученных теоретических и практических знаний для анализа сигналов и цепей методами математического моделирования с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

## **ПСК-1.2**

*знания:*

принципов организации экспериментальных исследований в части исследования основных параметров радиотехнических цепей; процессов прохождения сигналов через цепи; спектрального и корреляционного анализа периодических и непериодических сигналов;

*умения:*

выбирать технические средства для реализации программ экспериментальных исследований в части исследования параметров радиотехнических цепей и процессов прохождения сигналов через такие цепи;

*навыки:*

выполнения программ экспериментальных исследований в части исследования основных параметров радиотехнических цепей; процессов прохождения сигналов через цепи; спектрального и корреляционного анализа периодических и непериодических сигналов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ФИЗИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА, ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
- ОПК-2 — Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з.е., 288 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	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-2	ПСК-1.1	ПСК-1.2
2	4	<b>Раздел 1. Основные понятия дисциплины.</b> Предмет радиотехники, радиоволны и особенности их распространения. Значение дисциплины как теоретической основы всех направлений радиотехники. Обобщенная структурная схема радиотехнической системы передачи информации. Классификация сигналов, основные преобразования сигналов в радиотехнических цепях и системах. Основные характеристики радиосигнала. Классификация радиотехнических сигналов и цепей. Характерные признаки и особенности применения для различных видов радиотехнических цепей.	24	8	6	0	2	16	5	10	0	0
2	4	<b>Раздел 2. Сигналы, разложение сигналов по заданной системе функций.</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. Спектры непериодических сигналов. Свойства преобразования Фурье. Фурье – анализ неинтегрируемых сигналов.	35	19	12	0	7	16	15	20	5	5
2	4	<b>Раздел 3. Корреляционные характеристики детерминированных сигналов.</b> Автокорреляционная функция непериодического сигнала, ее свойства. Автокорреляционная функция периодического сигнала, ее свойства. Взаимная корреляционная функция сигналов, ее свойства. Связь между корреляционными функциями и спектрами сигналов. Примеры определения корреляционной и взаимной корреляционной функций для типовых периодических и импульсных сигналов.	30	14	6	0	8	16	20	15	5	5
2	4	<b>Раздел 4. Модулированные сигналы и их анализ.</b> Модуляция и демодуляция сигналов. Основные понятия. Классификация модулированных сигналов. Амплитудно-модулированные сигналы (АМ): временное, частотное и векторное представление АМ-сигнала при тональной модуляции. Спектр и энергетические характеристики АМ-сигналов. Балансная и однополосная модуляции. Демодуляция АМ. Колебания с угловой модуляцией (УМ). Полная фаза и мгновенная частота радиосигнала. Гармоническая УМ, спектр сигнала. Энергетические характеристики колебаний с УМ. Разновидности модулированных сигналов: квадратурная модуляция, ЛЧМ – сигнал, амплитудно-импульсная модуляция, широтно-импульсная модуляция, время – импульсная модуляция. Амплитудная, частотная и фазовая манипуляции.	19	10	10	0	0	9	10	15	5	5
Всего за 4 семестр			108	51	34	0	17	57	50	60	15	15
3	5	<b>Раздел 5. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.</b> Анализ линейных стационарных радиотехнических цепей. Системные характеристики линейной цепи: импульсная, переходная и передаточная. Спектральный и временной методы анализа прохождения сигналов через линейные цепи. Связь между модулем и аргументом передаточной характеристики линейной цепи. Способы описания линейных систем. Связь амплитудно – частотной характеристики с расположением нулей и полюсов функции передачи. Радиотехнические цепи с обратной связью. Классификация видов обратных связей. Расчёт и моделирование следующих характеристик для радиотехнических цепей первого и второго порядка: амплитудно-частотная, фазо-частотная, импульсная, переходная.	20	12	4	8	0	8	5	15	30	30
3	5	<b>Раздел 6. Дискретизация радиотехнических сигналов.</b> Дискретное (цифровое) представление сигналов. Теорема В.А. Котельникова. Спектр дискретного (цифрового) сигнала. Восстановление сигнала по его отсчетам. Влияние формы дискретизирующих импульсов. Характеристики восстанавливающего фильтра и особенности восстановления реальных сигналов. Метод Z–преобразования. Дискретное преобразование Фурье	28	8	8	0	0	20	5	5	5	5

		и его свойства. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.										
3	5	<b>Раздел 7. Прохождение сигналов через линейные цепи. Особенности обработки сигналов.</b> Достоинства и недостатки цифровой обработки сигналов. Линейные дискретные цепи с постоянными параметрами. Классификация дискретных систем. Алгоритм дискретной фильтрации, системная функция дискретного фильтра. Формы реализации не рекурсивных и рекурсивных цифровых фильтров. Временной метод расчета импульсного сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи. Численный расчет импульсных сигналов на выходе радиотехнических цепей первого и второго порядка, моделирование таких сигналов. Спектральный анализ прохождения периодической последовательности импульсов через линейную цепь. Численный расчет спектров такой последовательности на входе и выходе цепи, моделирование.	58	17	8	9	0	41	10	10	30	30
3	5	<b>Раздел 8. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.</b> Нелинейные безынерционные элементы. Методы аппроксимации вольт-амперных характеристик (ВАХ). Спектральный состав тока через нелинейный элемент при гармоническом воздействии для случаев кусочно-линейной и степенной аппроксимаций ВАХ. Функции и коэффициенты А.И. Берга. Бигармоническое воздействие на нелинейный элемент. Комбинационные частоты. Нелинейный резонансный усилитель и умножение частоты. Формирование радиосигналов с амплитудной модуляцией с отсечкой и без отсечки тока. Детектирование амплитудно-модулированных колебаний. Квадратичное и линейное детектирование. Диодный детектор и его характеристики. Способы осуществления угловой модуляции. Детектирование колебаний с угловой модуляцией. Балансный фазовый детектор.	38	8	8	0	0	30	20	5	10	10
3	5	<b>Раздел 9. Генераторы гармонических колебаний.</b> Автоколебательные цепи. Возникновение колебаний в автоколебательной цепи. Обобщенная схема автогенератора. Условия существования установившихся колебаний в автогенераторе. Режимы самовозбуждения колебаний в автогенераторе.	36	6	6	0	0	30	10	5	10	10
<b>Всего за 5 семестр</b>			180	51	34	17	0	129	50	40	85	85
<b>Всего по дисциплине</b>			288	102	68	17	17	186	100	100	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия дисциплины.	Свойства типовых сигналов и их анализ	2
2	Раздел 2. Сигналы, разложение сигналов по заданной системе функций.	Спектральный анализ периодических сигналов	3
3		Спектральный анализ непериодических (импульсных) сигналов	4
4	Раздел 3. Корреляционные характеристики детерминированных сигналов.	Корреляционный анализ непериодических сигналов	4
5		Корреляционный анализ периодических сигналов	4
Всего за 4 семестр			17
Всего за 5 семестр			0

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
<b>Всего за 4 семестр</b>			0
1	Раздел 5. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.	Частотные характеристики линейных радиотехнических цепей с постоянными параметрами	4
2		Временные характеристики линейных радиотехнических цепей с постоянными параметрами	4
3	Раздел 7. Прохождение сигналов через линейные цепи. Особенности обработки сигналов.	Временной метод расчета сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи	4
4		Спектральный анализ прохождения периодической последовательности импульсов	5

	через линейную цепь	
<b>Всего за 5 семестр</b>		17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия дисциплины.	Классификация радиотехнических цепей	8
2		Классификация сигналов и их характеристики	8
3	Раздел 2. Сигналы, разложение сигналов по заданной системе функций.	Спектральный анализ периодических сигналов	8
4		Спектральный анализ непериодических сигналов	8
5	Раздел 3. Корреляционные характеристики детерминированных сигналов.	Корреляционный анализ периодических сигналов	8
6		Корреляционный анализ непериодических сигналов	8
7	Раздел 4. Модулированные сигналы и их анализ.	Модулированные сигналы (амплитудная, частотная и фазовая модуляция)	5
8		Модулированные сигналы (импульсная модуляция)	4
Всего за 4 семестр			57
9	Раздел 5. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.	Анализ и расчет характеристик линейных радиотехнических цепей	8
10	Раздел 6. Дискретизация радиотехнических сигналов.	Частотные характеристики линейных радиотехнических цепей	8
11		Дискретизация радиотехнических сигналов	4
12		Временные характеристики линейных радиотехнических цепей	8
13	Раздел 7. Прохождение сигналов через линейные цепи. Особенности обработки сигналов.	Особенности цифровой обработки сигналов	15
14		Временной метод расчета сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи	14
15		Спектральный метод расчета сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи	12
16	Раздел 8. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.	Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов	20
17		Выполнение спектрального анализа периодического сигнала	10
18	Раздел 9. Генераторы гармонических колебаний.	Генераторы гармонических колебаний	15
19		Анализ прохождения импульсного сигнала через линейную цепь	15
Всего за 5 семестр			129

## 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
4					Контр.Р.	ДР		Контр.Р.		ДР		Контр.Р.			Контр.Р.	ДР	Вопр. Зач. зач.
5				Отч. по ЛР		ДР	Отч. по ЛР	Контр.Р.		ДР		Отч. по ЛР		Контр.Р., Отч. по ЛР		ДР	Вопр. Диф. Зач. диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр. Диф. Зач – вопросы к дифференцированному зачету;



- зач. – зачет;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- вопросы к зачету;
- отчет по ЛР;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет;
- дифференцированный зачет.

## 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 15.

### 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. Практические занятия:**

1. Mathcad 15.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. NI Multisim - академическая версия.

### **6.4. 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 *11.03.01 Радиотехника*. 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-1 способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

ОПК-2 способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

ПСК-1.1 способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

ПСК-1.2 способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с :

1. Изучением и анализом сигналов, применяемых в радиотехнике (классификация, спектральный и корреляционный анализ детерминированных сигналов).
2. Изучением основных модулированных сигналов, применяемых в радиотехнике.
3. Анализом дискретных (цифровых) сигналов.
4. Анализом основных характеристик линейных и нелинейных радиотехнических цепей и изучением способов расчета прохождения сигналов через цепи.
5. Практический анализ сигналов и их характеристик. Спектральный и корреляционный анализ детерминированных сигналов. Моделирование сигналов на входе и выходе линейной радиотехнической цепи.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: Высшая математика, Физика, Электротехника и электроника, Электронные и микроэлектронные приборы.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контрольная работа;
- вопросы к зачету;
- отчет по ЛР;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет;
- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **8 з.е., 288 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**186 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 288 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 186 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.
<b>Раздел 1. Основные понятия дисциплины.</b>		
Классификация радиотехнических цепей	С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (1) В. И. Нефёдов, А. С. Сигов. . Радиотехнические цепи и сигналы: Москва: Юрайт, 2020 (1)	8
Классификация сигналов и их характеристики	И. С. Гоноровский. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Советское радио, 1977 (1) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (1)	8
Итого по разделу 1		16
<b>Раздел 2. Сигналы, разложение сигналов по заданной системе функций.</b>		
Спектральный анализ периодических сигналов	М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (1)	8
Спектральный анализ непериодических сигналов	С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (2) А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (1)	8
Итого по разделу 2		16
<b>Раздел 3. Корреляционные характеристики детерминированных сигналов.</b>		
Корреляционный анализ периодических сигналов	С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (7) А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (1)	8
Корреляционный анализ непериодических сигналов	М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (1)	8
Итого по разделу 3		16
<b>Раздел 4. Модулированные сигналы и их анализ.</b>		
Модулированные сигналы (амплитудная, частотная и фазовая модуляция)	А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (8) С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (4)	5
Модулированные сигналы (импульсная модуляция)	М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (2)	4
Итого по разделу 4		9
<b>Раздел 5. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.</b>		
Анализ и расчет характеристик линейных радиотехнических цепей	И. С. Гоноровский. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Советское радио, 1977 (5) С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы:	8

	М.: Высшая школа, 2002 (8) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (4)	
Итого по разделу 5		8
Раздел 6. Дискретизация радиотехнических сигналов.		
Частотные характеристики линейных радиотехнических цепей	А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (3) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (6)	8
Дискретизация радиотехнических сигналов		4
Временные характеристики линейных радиотехнических цепей		8
Итого по разделу 6		20
Раздел 7. Прохождение сигналов через линейные цепи. Особенности обработки сигналов.		
Особенности цифровой обработки сигналов	А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (4) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (4-6)	15
Временной метод расчета сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи		14
Спектральный метод расчета сигнала на выходе линейной радиотехнической цепи		12
Итого по разделу 7		41
Раздел 8. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.		
Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов	М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (7) С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (11) И. В. Ершова. . Радиотехнические цепи и сигналы. Нелинейные цепи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1-9)	20
Выполнение спектрального анализа периодического сигнала		10
Итого по разделу 8		30
Раздел 9. Генераторы гармонических колебаний.		
Генераторы гармонических колебаний	С. И. Баскаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: М.: Высшая школа, 2002 (14) М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков. . Радиотехнические цепи и сигналы: Санкт-Петербург: Питер, 2021 (7-8) И. В. Ершова. . Радиотехнические цепи и сигналы. Нелинейные цепи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (10)	15
Анализ прохождения импульсного сигнала через линейную цепь		15
Итого по разделу 9		30

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- контрольная работа;
- вопросы к зачету;
- отчет по ЛР;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- зачет;
- дифференцированный зачет.

### 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 практических занятий.

#### Вопросы к зачету

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. Типы сигналов.
7. Энергетические характеристики детерминированных сигналов.
8. Примеры сигналов, свойства.
9. Понятие ортогональных сигналов.
10. Классификация радиотехнических цепей.
11. Разложение сигнала по заданной системе функций.
12. Спектральный анализ сигналов, тригонометрический ряд Фурье.
13. Три формы представления ряда Фурье.
14. Спектры периодических сигналов.
15. Спектральный анализ непериодических сигналов.
16. Преобразование Фурье.
17. Спектры непериодических сигналов.
18. Свойства преобразования Фурье.
19. Фурье – анализ неинтегрируемых сигналов.
20. Корреляционный анализ детерминированных сигналов.
21. Автокорреляционная функция периодического сигнала.
22. Автокорреляционная функция непериодического сигнала.
23. Взаимная корреляционная функция.
24. Связь между корреляционными функциями и спектрами сигналов.
25. Модуляция и демодуляция сигналов.
26. Амплитудная модуляция.
27. Однотональная (гармоническая) амплитудная модуляция.
28. Распределение мощности в спектре АМ – сигнала.
29. Демодуляция (детектирование) АМ – сигнала.
30. Разновидности амплитудной модуляции.
31. Модуляция сигналов: угловая модуляция (ФМ, ЧМ, гармоническая угловая модуляция).
32. Квадратурная модуляция.
33. Амплитудно-импульсная модуляция, внутриимпульсная модуляция, ЛЧМ – сигнал, ШИМ, ВИМ.
34. Амплитудная, частотная и фазовая манипуляции.

#### Отчет по ЛР

1. Минимальные требования: работа выполнена, отчёт по работе содержит все требуемые элементы.
2. Критерий выставления максимального балла за выполнение: работа выполнена, отчёт соответствует требованиям ГОСТ 7.32-2017 и содержит все требуемые элементы.
3. Критерий выставления максимального балла за всю работу (выполнение и защита): выполнен п2; при этом работа защищена, а обучающийся в полном объеме раскрывает содержание вопросов к лабораторной работе, не затрудняется с ответом на дополнительные вопросы преподавателя по теме работы.

#### **Вопросы к дифференцированному зачету**

1. Дискретизация сигналов.
2. Дискретизация гармонических сигналов, частота Найквиста.
3. Спектр дискретного сигнала.
4. Влияние формы дискретизирующих импульсов на спектр.
5. Теорема Котельникова.
6. Дискретное преобразование Фурье.
7. Свойства дискретного преобразования Фурье.
8. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
9. Классификация дискретных систем.
10. Алгоритм дискретной фильтрации.
11.  $Z$  – преобразование, системная функция дискретного фильтра.
12. Формы реализации цифровых фильтров.
13. Нелинейные радиотехнические цепи.
14. Нелинейные элементы, их характеристики и параметры.
15. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов.
16. Методы спектрального анализа нелинейных цепей.
17. Коэффициенты (функции) Берга.
18. Выделение полезных составляющих из спектра отклика нелинейного элемента.
19. Умножение частоты.
20. Линейное и нелинейное усиление сигналов.
21. Получение сигналов с амплитудной и угловой модуляцией.
22. Детектирование сигналов.
23. Автоколебательные цепи.
24. Возникновение колебаний в автогенераторе.
25. Обобщенная схема автогенератора.
26. Условие существования постоянных колебаний в автогенераторе.
27. Режимы самовозбуждения колебаний в автогенераторе.
28. Линейные цепи с постоянными параметрами.
29. Частотные и временные характеристики линейных цепей.
30. Радиотехнические цепи с обратной связью, коэффициент передачи цепи с ОС, классификация видов ОС.

#### **Зачет**

На зачете студенту предлагается 2 теоретических вопроса. Корректный и полный ответ на один вопрос, либо неполный ответ на оба вопроса, либо развернутый ответ на оба вопроса - "зачтено".

#### **Дифференцированный зачет**

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



Паспорт фонда оценочных средств

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	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-2	ПСК-1.1	ПСК-1.2	
2	4	Раздел 1. Основные понятия дисциплины.	24	8	6	0	2	16	5	10	0	0	Контрольная работа, Вопросы к зачету
2	4	Раздел 2. Сигналы, разложение сигналов по заданной системе функций.	35	19	12	0	7	16	15	20	5	5	Контрольная работа, Вопросы к зачету
2	4	Раздел 3. Корреляционные характеристики детерминированных сигналов.	30	14	6	0	8	16	20	15	5	5	Контрольная работа, Вопросы к зачету
2	4	Раздел 4. Модулированные сигналы и их анализ.	19	10	10	0	0	9	10	15	5	5	Контрольная работа, Вопросы к зачету
Всего за 4 семестр			108	51	34	0	17	57	50	60	15	15	
3	5	Раздел 5. Линейные радиотехнические цепи с постоянными параметрами.	20	12	4	8	0	8	5	15	30	30	Контрольная работа, Вопросы к зачету, Отчет по ЛР
3	5	Раздел 6. Дискретизация радиотехнических сигналов.	28	8	8	0	0	20	5	5	5	5	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольная работа
3	5	Раздел 7. Прохождение сигналов через линейные цепи. Особенности обработки сигналов.	58	17	8	9	0	41	10	10	30	30	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольная работа, Отчет по ЛР
3	5	Раздел 8. Нелинейные цепи и преобразование ими радиосигналов.	38	8	8	0	0	30	20	5	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольная работа
3	5	Раздел 9. Генераторы гармонических колебаний.	36	6	6	0	0	30	10	5	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольная работа
Всего за 5 семестр			180	51	34	17	0	129	50	40	85	85	
Всего по дисциплине			288	102	68	17	17	186	100	100	100	100	

## Критерии оценивания

### ОПК-1

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Какой физический процесс целесообразно использовать для решения задачи передачи полезных сигналов на расстояние?
- № 2 Какие основные факторы необходимо учитывать при выборе длины волны используемого в радиотехнической системе электромагнитного колебания?
- № 3 Дайте определение (характеристику) термина «Модулирующий сигнал».
- № 4 Дайте определение термина «Модулированный сигнал».
- № 5 Дайте определение термина «Детерминированный сигнал».
- № 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 частота сигнала будет соответствовать длине волны 1м?  
(Ответ представить в Мегагерцах)
- № 9 Какая длина волны будет соответствовать частоте 10ГГц?  
  
(Ответ записать в сантиметрах)
- № 10 Какая длина волны будет соответствовать частоте 100МГц?  
  
(Ответ записать в метрах)
- № 11 Какая длина волны будет соответствовать частоте 300МГц?  
  
(Ответ записать в метрах)
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Согласно ГОСТ 24375-80 «Радиосвязь – термины и определения» к диапазону радиотехники (к радиочастотам) относится следующий диапазон частот:  
  
А. 0Гц - 1ГГц.  
  
Б. 3КГц - 3000ГГц.  
  
В. 1КГц - 1000ГГц.  
  
Г. 3ГГц - 3000ГГц.
- № 2 Согласно ГОСТ 24375-80 «Радиосвязь – термины и определения» к диапазону радиотехники (к радиочастотам) относится следующий диапазон длин волн:  
  
А. 0.1мм - 100км.  
  
Б. 3мм - 300км.  
  
В. 1м - 100м.  
  
Г. 3ГГц - 3000ГГц.
- № 3 Какой сигнал (физический процесс) используется для решения задачи передачи сигналов на расстояние в свободном пространстве?  
  
А. Постоянное напряжение.  
  
Б. Видеоимпульс.  
  
В. Электромагнитное колебание (радиоволна).  
  
Г. Модулирующий сигнал.
- № 4 Какой сигнал (физический процесс) НЕ может быть передан на расстояние в свободном пространстве?  
  
А. Модулированный радиосигнал.

- Б. Электромагнитное колебание.
- В. Радиоволна.
- Г. Модулирующая низкочастотная огибающая.
- № 5 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).
- № 6 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).
- № 7 Финитными называются следующие сигналы:
- А. Бесконечные по длительности сигналы.
- Б. Сигналы конечной длительности.
- В. Сигналы с теоретически бесконечной энергией.
- Г. Гармонические колебания.
- № 8 Цифровым сигналом называют:
- А. Сигнал, произвольный по величине и непрерывный по времени.
- Б. Сигнал, квантованный по величине и дискретный по времени.
- В. Сигнал, квантованный по величине и непрерывный по времени.
- Г. Сигнал, произвольный по величине и дискретный по времени.
- № 9 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.
- № 10 Какой сигнал или физический процесс обладает свойством перемещаться в пространстве и используется для решения задачи передачи сигналов на расстояние?

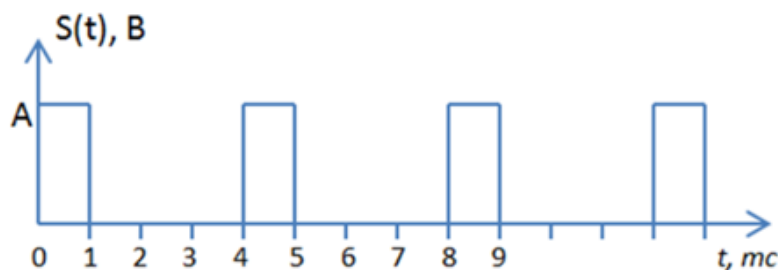
(один или несколько верных ответов)

- А. Электромагнитное колебание
- Б. Постоянное напряжение
- В. Видеоимпульс
- Г. Модулирующий сигнал
- Д. Радиоволна

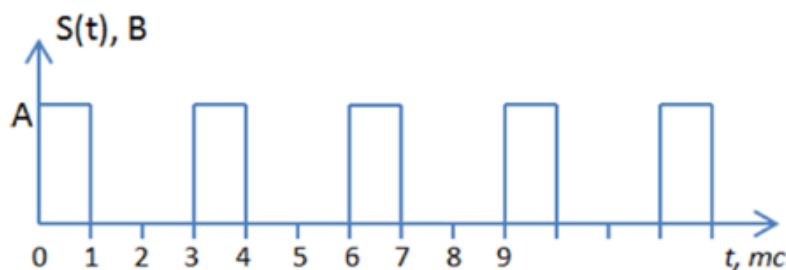
### ОПК-2

Вопросы открытого типа:

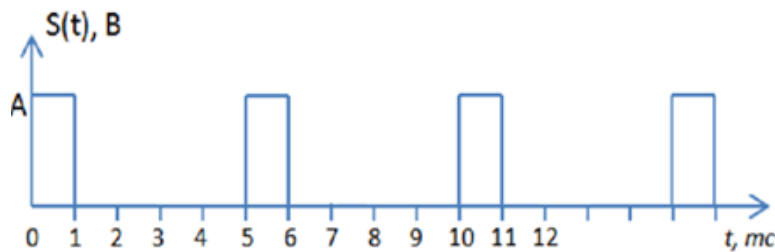
- № 1 Сформулируйте условие ортогональности 2-х сигналов на заданном временном интервале.
- № 2 Какие требования предъявляются к набору базисных функций разложения при разложении сигнала в ряд следующего вида:  $S(t) = C_0 \cdot \varphi_0(t) + C_1 \cdot \varphi_1(t) + C_2 \cdot \varphi_2(t) + \dots + C_n \cdot \varphi_n(t) + \dots$  ?
- № 3 Что называется скважностью периодической последовательности импульсов?
- № 4 Какой сигнал называют меандром?
- № 5 Какая величина называется базой сигнала?
- № 6 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



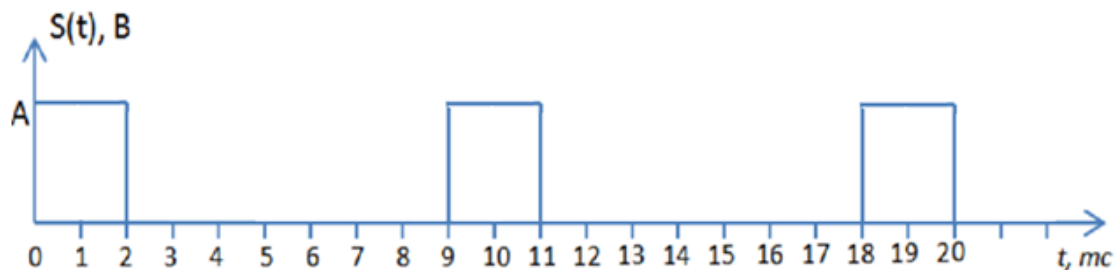
- № 7 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



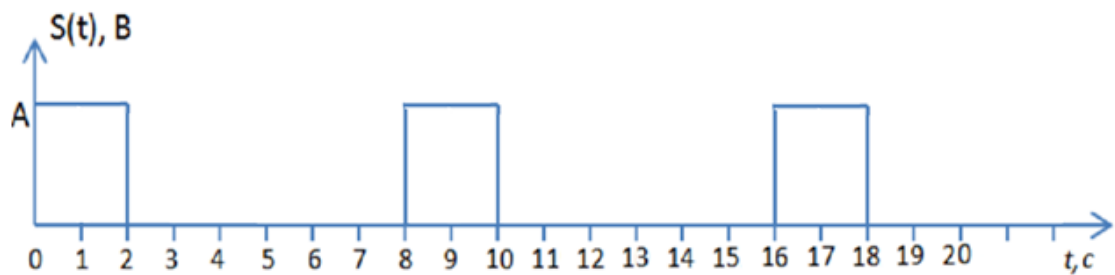
- № 8 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



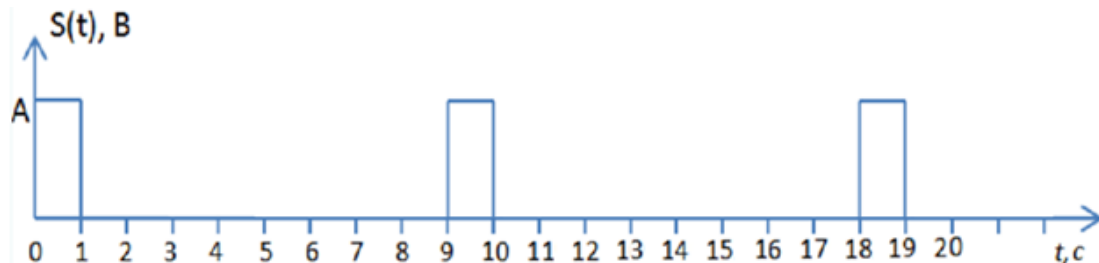
№ 9 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



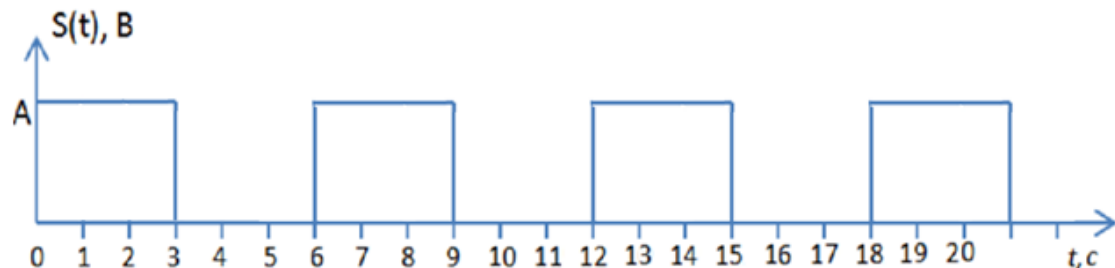
№ 10 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



№ 11 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



№ 12 Определите скважность следующей периодической последовательности импульсов:



Вопросы закрытого типа:

№ 1 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.

№ 2 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:

$$\text{А. } C_k = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \varphi_k(t)^2 dt}{\int_{t_1}^{t_2} S(t) \cdot \varphi_k(t) dt}$$

$$\text{Б. } C_k = \frac{\int_{t_1}^{t_2} S(t)^2 dt}{\int_{t_1}^{t_2} S(t) \cdot \varphi_k(t) dt}$$

$$\text{В. } C_k = \frac{\int_{t_1}^{t_2} S(t) \cdot \varphi_k(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} \varphi_k(t)^2 dt}$$

$$\text{Г. } C_k = \frac{\int_{t_1}^{t_2} S(t) \cdot \varphi_k(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} S(t)^2 dt}$$

№ 3 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.

№ 4 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.

№ 5 Прямым преобразованием Фурье называется следующее выражение:

$$\text{А. } \dot{S}(w) = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-iwt} dt$$

$$\text{Б. } \dot{S}(w) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t)e^{-iwt} dt$$

$$\text{В. } \dot{S}(w) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-iwt} dt$$

$$\text{Г. } \dot{S}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t)e^{iwt} dt$$

№ 6 Обратным преобразованием Фурье называется следующее выражение:

$$\text{А. } \dot{S}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(w)e^{-iwt} dt$$

$$\text{Б. } S(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}(w)e^{iwt} dw$$

$$\text{В. } \dot{S}(t) = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{\infty} s(w)e^{-iwt} dw$$

$$\text{Г. } \dot{C}_n = \frac{1}{T} \dot{S}(2\pi n/T)$$

№ 7 Сигналы ортогональны на временном интервале (t1, t2) если:

А. Их взаимная энергия не равна нулю на этом интервале.

Б. Их взаимная энергия не равна нулю за пределами интервала (t1, t2).

В. Сумма их мощностей конечна.

Г. Их взаимная энергия равна нулю на интервале (t1, t2).

№ 8 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

№ 9 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 (один или несколько верных ответов):

- А. Взаимная энергия этих сигналов равна 0 на любом временном интервале.
- Б. Взаимная энергия сигналов  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  равна произведению А на В.
- В. Сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  являются ортогональными только на интервале  $2\omega t \cdot 4\omega t$ .
- Г. Сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  являются ортогональными.
- Д. Сигналы  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  являются ортогональными только на интервале  $4\omega t$ .
- № 10 Произвольная функция  $S(t)$  может быть представлена в виде суммы ряда следующего вида:  
 $S(t) = C_0 \cdot \varphi_0(t) + C_1 \cdot \varphi_1(t) + C_2 \cdot \varphi_2(t) + \dots + C_n \cdot \varphi_n(t) + \dots$ , если выполняется следующее (один или несколько верных ответов):
- А. Все функции системы  $\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_n(t)$  ортогональны по отношению к рассматриваемому сигналу  $S(t)$ .
- Б. Энергия каждой из функций системы  $\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_n(t)$  равна нулю на выбранном временном интервале.
- В. Все функции системы  $\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_n(t)$  взаимно ортогональны на выбранном временном интервале.
- Г. Энергия каждой из функций системы  $\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_n(t)$  не равна нулю на выбранном временном интервале.
- Д. Энергия каждой из функций системы
- $\varphi_0(t), \varphi_1(t), \dots, \varphi_n(t)$
- не равна нулю за пределами выбранного временного интервала.
- № 11 Произвольная функция  $S(t)$  может быть представлена в виде суммы ряда следующего вида:  
 $S(t) = C_0 \cdot \varphi_0(t) + C_1 \cdot \varphi_1(t) + C_2 \cdot \varphi_2(t) + \dots + C_n \cdot \varphi_n(t) + \dots$ , если выполняется следующее (один или несколько верных ответов):

А.  $\int_{t_1}^{t_2} \varphi_n(t)^2 dt = 0$

Б.  $\int_{t_1}^{t_2} \varphi_n(t) \cdot \varphi_m(t) dt = 0$  при  $n \neq m$

В.  $\int_{t_1}^{t_2} \varphi_n(t) \cdot S_m(t) dt = 0$  при  $n \neq m$

Г.  $\int_{t_1}^{t_2} \varphi_n(t)^2 dt \neq 0$

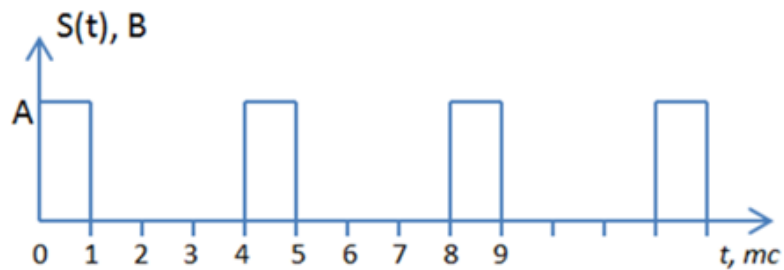
Д.  $\int_{t_1}^{t_2} \varphi_n(t) \cdot \varphi_m(t) dt \neq 0$  при  $n \neq m$

### ПСК-1.1

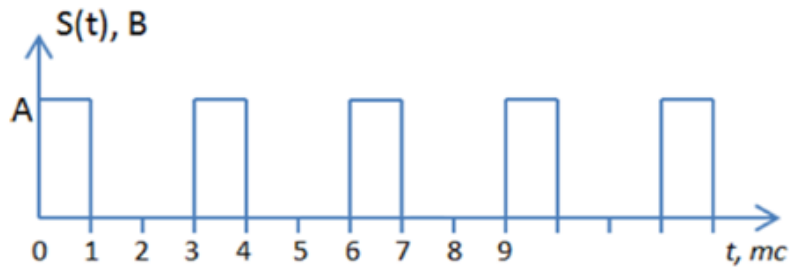
Вопросы открытого типа:

- № 1 Сигналы, удовлетворяющие каким условиям, могут подвергаться разложению в ряд Фурье?
- № 2 Какие формы разложения сигнала в ряд Фурье Вы знаете (изучали в рамках курса «Радиотехнические цепи и сигналы»)?
- № 3 Что в общем случае представляет из себя амплитудный спектр периодического сигнала?
- № 4 Дайте определение корреляционной функции (КФ) детерминированного сигнала.
- № 5 Как корреляционная функция сигнала связана с его фазовым спектром?
- № 6 Определите расстояние между соседними спектральными составляющими в амплитудном спектре следующей периодической последовательности. Ответ представить в герцах с округлением до целого значения

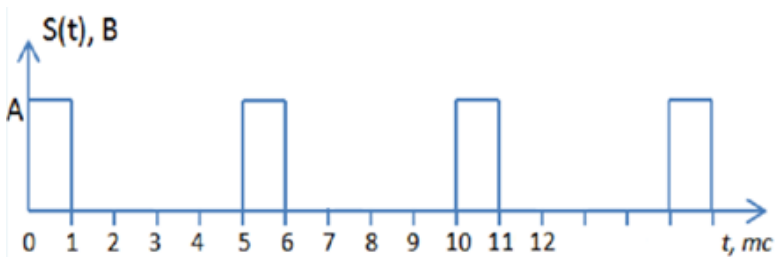




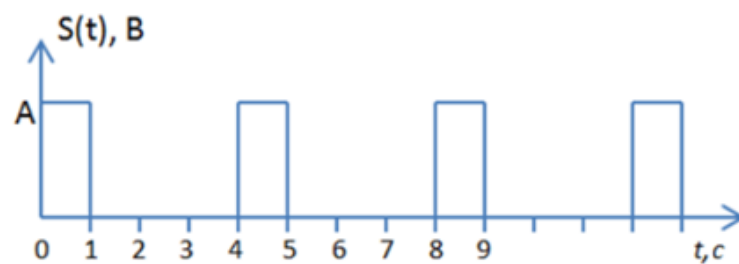
- № 7 Определите расстояние между соседними спектральными составляющими в амплитудном спектре следующей периодической последовательности. Ответ представить в герцах с округлением до целого значения



- № 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 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.

$$S_1(t) = 10 \cdot \cos(10\omega t);$$

$$S_2(t) = 4 \cdot \cos(20\omega t);$$

$$\omega = 1 \text{ КГц.}$$

- № 11 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.

$$S_1(t) = 30 \cdot \cos(30\omega t);$$

$$S_2(t) = 24 \cdot \cos(60\omega t);$$

$\omega=10\text{КГц}$ .

Вопросы закрытого типа:

№ 1

Коэффициенты комплексной формы ряда Фурье рассчитываются следующим образом:

А.  $b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

Б.  $\dot{c}_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) e^{-in\omega_0 t} dt$

В.  $a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

Г.  $\dot{c}_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \sin(n\omega_0 t) dt$

Д.  $\dot{c}_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

Е.  $a_n = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

№ 2

Формула прямого преобразования Фурье для одиночного импульса и формула расчета коэффициентов ряда Фурье для периодической последовательности таких импульсов связаны следующим соотношением:

А.  $\dot{S}(w) = \frac{1}{T} s(t) e^{-iwt}$

Б.  $\dot{S}(w) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{iwt} dt$

В.  $\dot{c}_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) dt$

Г.  $\dot{c}_n = \frac{1}{T} \dot{S}(2\pi n/T)$

№ 3

Для того чтобы существовало разложение в ряд Фурье, фрагмент сигнала длительностью в 1 период должен удовлетворять перечисленным ниже условиям. Выберите одно НЕ верное условие.

А. Число экстремумов должно быть конечным.

Б. Число разрывов 1-го рода должно быть конечным.

В. Производная сигнала должна быть бесконечно дифференцируема на выбранном интервале.

Г. Не должно быть разрывов 2-го рода.

№ 4

Отметьте утверждение, которое будет НЕ верным для автокорреляционной функции (АКФ) периодического сигнала:

- А. АКФ не является четной функцией своего аргумента.
- Б. Значение АКФ при  $\tau = 0$  равно средней мощности анализируемого сигнала.
- В. Значение АКФ при  $\tau = 0$  является максимально возможным.
- Г. Размерность АКФ периодического сигнала равна квадрату размерности сигнала (В2, если размерность сигнала - напряжение).
- № 5 Отметьте свойство, которое верно для взаимной корреляционной функции (ВКФ) двух сигналов:
- А. ВКФ является четной функцией времени.
- Б. Значение ВКФ при  $\tau = 0$  всегда является максимально возможным.
- В. ВКФ является нечетной функцией частоты.
- Г. С ростом временного сдвига  $\tau$  ВКФ детерминированных сигналов с конечной энергией затухает.
- № 6 Коэффициенты тригонометрической формы ряда Фурье рассчитываются по следующим формулам (один или несколько верных ответов):

А.  $b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

Б.  $a_n = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

В.  $a_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

Г.  $a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \cos(n\omega_0 t) dt$

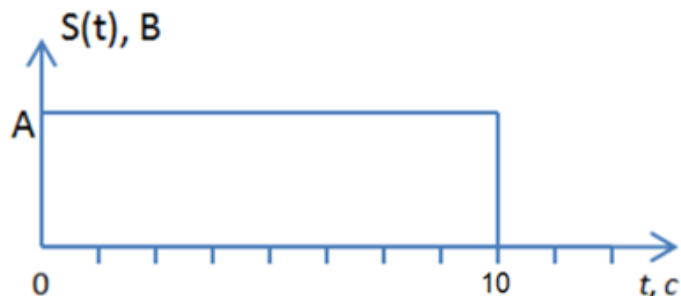
Д.  $\dot{c}_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) e^{-in\omega_0 t} dt$

Е.  $b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t) \sin(n\omega_0 t) dt$

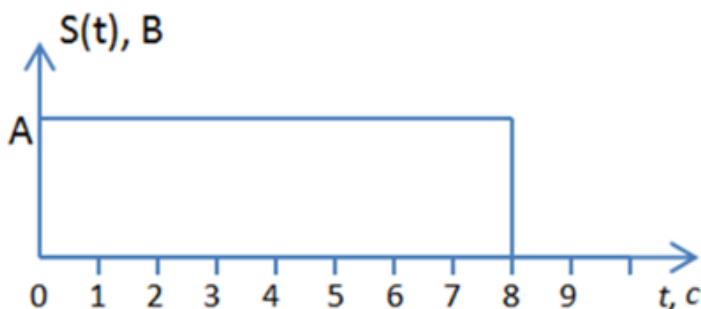
- № 7 Для того чтобы существовало разложение в ряд Фурье, фрагмент сигнала длительностью в 1 период должен удовлетворять следующим условиям (один или несколько верных ответов):
- А. Производная сигнала должна быть бесконечно дифференцируема на выбранном интервале.
- Б. Число экстремумов должно быть конечным.
- В. Число разрывов 1-го рода должно быть конечным.
- Г. Число разрывов 2-го рода должно быть конечным.
- Д. Не должно быть разрывов 2-го рода.
- Е. Не должно быть разрывов 1-го рода.
- № 8 Отметьте утверждения, верные для Дельта-функции (функции Дирака):
- А. Интеграл от функции (ее площадь) равна 0.
- Б. Интеграл от функции (ее площадь) стремится к бесконечности.
- В. Интеграл от функции (ее площадь) равна 1.
- Г. Энергия функции стремится к бесконечности (равна бесконечности).

	Д. Размерность функции Дирака равна квадрату размерности ее аргумента.
№ 9	<p>Е. Энергия функции равна 1. Сопоставьте терминам подходящие определения:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\delta</math> - функция (Дельта - функция).</li> <li>2. Функция Хевисайда.</li> <li>3. Финитный сигнал.</li> </ol> <p>А. Бесконечно короткий скачок в нулевой момент времени с единичной амплитудой.</p> <p>Б. Бесконечно короткий по времени и бесконечно большой по значению скачок в нулевой момент времени.</p> <p>В. Единичный скачок в нулевой момент времени.</p> <p>Г. Сигнал конечной длительности.</p>
№ 10	<p>Д. Бесконечный по длительности сигнал. Отметьте утверждения, верные для гармонических сигналов (гармонических колебаний):</p> <p>А. Сохраняют свою форму неизменной при прохождении через линейные цепи.</p> <p>Б. Спектр такого сигнала равномерный и не зависит от частоты.</p> <p>В. Гармонические колебания с кратными частотами взаимно ортогональны друг-другу.</p> <p>Г. Взаимная энергия двух гармонических колебаний всегда равна 1.</p> <p>Д. Энергия гармонического колебания всегда равна нулю.</p> <p>Е. Фазовый спектр гармонических колебаний всегда принимает значения <math>+\pi</math> или <math>-\pi</math></p> <p>Ж. Являются финитными</p>
№ 11	<p>З. Не являются периодическими Отметьте свойства, которые верны для взаимной корреляционной функции (ВКФ) двух сигналов (один или несколько верных ответов):</p> <p>А. Значение ВКФ при <math>\tau = 0</math> не является максимально возможным.</p> <p>Б. Значение ВКФ при <math>\tau = 0</math> является максимально возможным.</p> <p>В. С ростом абсолютного значения <math>\tau</math> ВКФ сигналов с конечной энергией затухает.</p>
№ 12	<p>Г. ВКФ является нечетной функцией. Отметьте свойства, которые верны для автокорреляционной функции (АКФ) непериодического сигнала (один или несколько верных ответов):</p> <p>А. Значение АКФ при <math>\tau = 0</math> равно средней мощности анализируемого сигнала.</p> <p>Б. Размерность АКФ равна квадрату размерности сигнала (<math>B^2</math>, если размерность сигнала - напряжение).</p> <p>В. Значение АКФ при <math>\tau = 0</math> равно энергии анализируемого сигнала.</p> <p>Г. АКФ является четной функцией своего аргумента.</p> <p>Д. С ростом абсолютного значения <math>\tau</math> АКФ сигнала с конечной энергией затухает.</p>
<b>ПСК-1.2</b>	
№ 1	<p><i>Вопросы открытого типа:</i> Перечислите виды модуляции, изученные в курсе «Радиотехнические цепи и сигналы»</p>
№ 2	Сформулируйте теорему Котельникова (в части выбора частоты дискретизации сигнала).

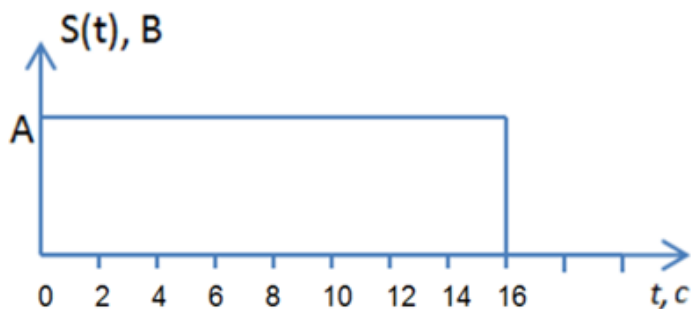
- № 3 Сформулируйте особенности применения алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ).  
(в части точностных характеристик, быстродействия и ограничений на сигналы)
- № 4 Что из себя представляет спектр дискретного сигнала (по сравнению со спектром исходного сигнала)?
- № 5 Для каких сигналов применяется дискретное преобразование Фурье (ДПФ)?
- № 6 Сформулируйте основные достоинства и недостатки цифровой обработки сигналов.
- № 7 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



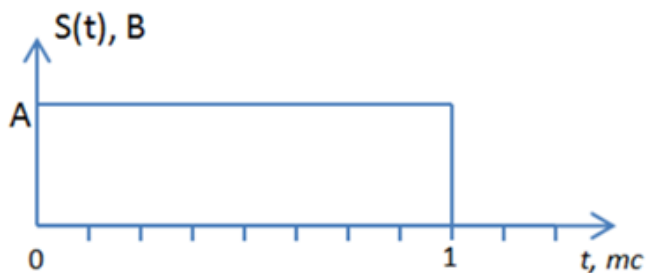
- № 8 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до тысячных долей.



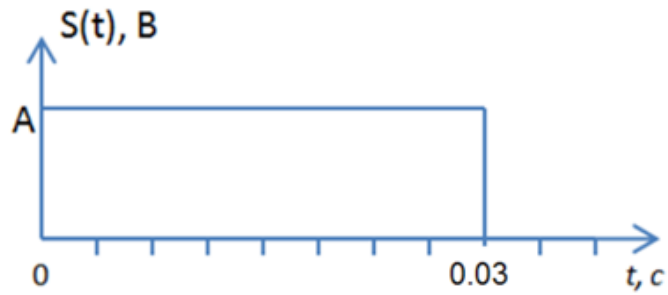
- № 9 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до тысячных долей.



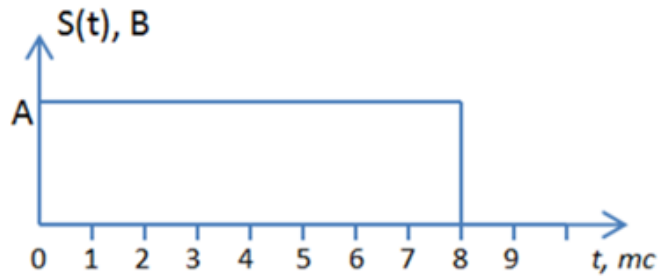
- № 10 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



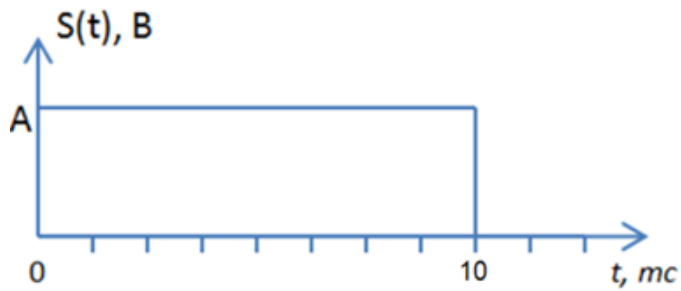
- № 11 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



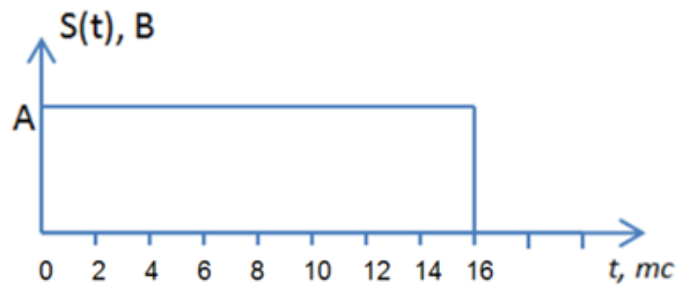
- № 12 Определите ширину главного (первого) лепестка в амплитудном спектре следующего сигнала. Ответ представить в герцах с округлением до сотых долей.



- № 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.



*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Прямым дискретным преобразованием Фурье называют следующее выражение:

$$\text{А. } \dot{S}_a(\omega) = \frac{\dot{S}_0(\omega)}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \dot{S}\left(\omega - \frac{2\pi n}{T}\right)$$

$$\text{Б. } s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)\delta(t - kT)$$

$$\text{В. } x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \dot{X}(n) \exp\left(j \frac{2\pi nk}{N}\right)$$

$$\text{Г. } \dot{X}(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \exp\left(-j \frac{2\pi nk}{N}\right)$$

№ 2

Обратным дискретным преобразованием Фурье называют следующее выражение:

$$\text{А. } x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \dot{X}(n) \exp\left(j \frac{2\pi nk}{N}\right)$$

$$\text{Б. } s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)\delta(t - kT)$$

$$\text{В. } \dot{S}_a(\omega) = \frac{\dot{S}_0(\omega)}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \dot{S}\left(\omega - \frac{2\pi n}{T}\right)$$

$$\text{Г. } \dot{X}(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \exp\left(-j \frac{2\pi nk}{N}\right)$$

№ 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  $\tau$ .

Б. Спектральная плотность сигнала умножается на  $e^{-i\omega\tau}$ .

В. Амплитудный спектр не меняется, фазовый спектр умножается на  $e^{-i\omega\tau}$ .

Г. Спектральная плотность сигнала делится на  $e^{-i\omega\tau}$ .

№ 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 Сдвинутые копии спектра сигнала, возникающие при его дискретизации, будут пересекаться, если:
- А. Частота дискретизации больше верхней граничной частоты в спектре сигнала.
- Б. Частота дискретизации как минимум в два раза больше верхней граничной частоты в спектре сигнала.
- В. Частота дискретизации меньше удвоенной верхней граничной частоты в спектре сигнала.
- Г. Частота дискретизации не совпадает с верхней граничной частотой в спектре сигнала.
- № 9 Сдвинутые копии спектра сигнала, возникающие при его дискретизации, не будут пересекаться, если:
- А. Частота дискретизации меньше верхней граничной частоты в спектре сигнала.
- Б. Частота дискретизации больше верхней граничной частоты в спектре сигнала.
- В. Частота дискретизации как минимум в два раза меньше верхней граничной частоты в спектре сигнала.
- Г. Частота дискретизации как минимум в два раза больше верхней граничной частоты в спектре сигнала.
- № 10 Какое утверждение верно для спектра периодического дискретного сигнала?
- А. Спектр периодического дискретного сигнала состоит из одной спектральной составляющей на частоте, обратной периоду дискретного сигнала.
- Б. Спектр периодического дискретного сигнала равномерный в бесконечной полосе частот.
- В. Периодический дискретный сигнал имеет сплошной непериодический спектр в бесконечной полосе частот.
- Г. Периодический дискретный сигнал имеет периодический дискретный спектр.
- № 11 Чему равно расстояние между соседними копиями спектра исходного сигнала, возникающими при его дискретизации?
- А. Частоте дискретизации.
- Б. Половине частоты дискретизации.
- В. Удвоенной частоте дискретизации.
- Г. Периоду дискретизации.
- № 12 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.

№ 13

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.