

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



А.А. Панфилов

2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Радиотехнические цепи и сигналы»

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 11.03.01 «Радиотехника»

Профили подготовки: «Радиотехника»

Уровень высшего образования: Бакалавриат.

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость (зач.ед./час.)	Лекций (час.)	Практ. занятий (час.)	Лаборат. работ (час.)	СРС	Форма контроля (экз./зачет)
4	2/72	18	18	18	18	Зачет, КР
5	3/108	18	18		27	Экзамен (45)
Итого	5/180	36	36	18	45	Экзамен, зачет, КР (45)

Владимир 2015

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» является: привитие студентам, во-первых, глубокого понимания свойств различных радиосигналов и радиоцепей, сущности и особенностей процессов происходящих при прохождении сигналов через радиотехнические цепи; во-вторых, умения аналитически описывать, анализировать и экспериментально исследовать процессы в радиоцепях на основе изучаемых в курсе методов и методик, тем самым закладывается фундамент теоретических и практических знаний и умений, используемых при изучении студентами специальных дисциплин по специальности «Радиотехника». Подготовка в области радиотехники для разных сфер профессиональной деятельности специалиста:

- научно-исследовательской;
- организационно-управленческой.

В задачу дисциплины входит обучение студента знаниям по

- классификации, фундаментальным свойствам и основным характеристикам радиосигналов и радиоцепей во временной и частотных областях, законам преобразования сигналов в различных радиоцепях;
- методам анализа передачи детерминированных и случайных колебаний через линейные (с постоянными параметрами), параметрические, нелинейные и дискретные цепи, границы применимости и свойства методов;
- способам заложения и извлечения информации из радиосигналов, принципам построения устройств для этих целей, источникам и способам уменьшения ошибок и искажений передаваемого сообщения;
- основам синтеза цепей;
- методам оптимальной фильтрации сигналов;

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Радиотехнические цепи и сигналы» относится к базовым дисциплинам:

### *Взаимосвязь с другими дисциплинами*

Курс «Радиотехнические цепи и сигналы» основывается на знаниях «Математики», «Физики», «Электроники», «Цифровых устройств и микропроцессоров», «Схемотехники аналоговых электронных устройств», «Основ теории цепей», «Электродинамики и распространения радиоволн» и является базой для изучения «Передачиков и устройств формирования сигналов», «Устройств приема и обработки сигнала», «Радиотехнических систем», «Радиоавтоматики» и др.

### **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования: ОК-7 (способность к самоорганизации и самообразованию), ОПК-2 (способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат).

#### **3.1. Знать:**

Спектральную теорию радиосигналов теорию определения параметров стохастических радиосигналов. Теорию оптимальной фильтрации сигналов.

#### **Уметь:**

Построить и определить характеристики согласованных фильтров. Рассчитать сигнал на выходе радиотехнических цепей под воздействием на него детерминированных и случайных сигналов.

#### **Владеть:**

Умением расчетов спектральных и временных характеристик сигналов с цепей их прохождения через линейные и нелинейные цепи. Способностью определения характеристик модулированных сигналов с различным видом модуляции.

### **4. Структура и содержание дисциплины**

Трудоемкость и формируемые компетенции.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов)

Таблица 1

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах/%)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Форма промежуточн ой аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лаб. раб.	Контрольные задания	СРС	КП/КР		
1	3.1.1 Введение 3.1.2 Основные характеристики сигналов. Классификация сигналов. 3.1.3 Спектральный анализ периодических сигналов.	4	1	1	1	1		1		2/66	
2	3.1.4 Спектральный анализ непериодических сигналов. 3.1.5. Распределение мощности в спектре периодического сигнала и энергии в спектре непериодического сигнала	3	2	1	1	1		1		2/66	

3	3.1.6 Единичный импульс и единичный скачек	4	3	1	1	1	1	2/66	
4	3.1.7 Корреляционный анализ детерминированных колебаний.	4	4	1	1	1	1	2/66	
5	3.1.8 Дискретизация сигналов. Теорема и ряд Котельникова.	4	5	1	1	1	1	2/66	
6	3.1.9 Линейные радицепи с постоянными параметрами. 3.1.10 Линейные цепи с обратной связью.	4	6	1	1	1	1	2/66	
7	3.1.11 Радиосигналы, АМ-колебания и их спектры.	4	7	1	1	1	1	2/66	Рейтинг-контроль №1
8	3.1.12 Угловая модуляция. Спектр колебания с УМ.	4	8	1	1	1	1	2/66	
9	3.1.13 Спектр колебания при смешанной амплитудно-угловой модуляции.	4	9	1	1	1	1	2/66	
10	3.1.14 Огибающая, частота и фаза узкополосного колебания 3.1.15 Аналитический сигнал. 3.1.16 Дискретизация узкополосного колебания по Котельникову	4	10	1	1	1	1	2/66	
11	3.1.17 Прохождение детерминированных колебаний через линейные цепи с постоянными параметрами.	4	11	1	1	1	1	3/66	
12	3.1.18 Воздействие радиосигналов на избирательные цепи 3.1.19 Искажение модулированных колебаний в избирательных цепях.	4	12	1	1	1	1	2/66	
13	3.1.20 Нелинейные цепи и методы нелинейной теории. Нелинейные элементы, их характеристики и свойства.	4	13	1	1	1	1	2/66	Рейтинг-контроль №2
14	3.1.21 Получение и детектирование АМ-колебаний	4	14	1	2	2	1	3/60	
15	3.1.22 Частотные и фазовое детектирование,	4	15	1	1	1	1	2/66	

	преобразование частоты сигналов, синхронное детектирование.									
16	3.1.23 Структура автоколебательной системы.	4	16	1				1		
17	3.1.24 Параметрические цепи. 3.1.25 Импульсная характеристика параметрической цепи.	4	17	1	1			1	2/66	
18	3.1.26 Принцип параметрического усиления. 3.1.27 Применение параметрических цепей.	4	18	1	1	1		1	3/100	Рейтинг-контроль №3
Всего часов в 4 семестре				18	18		-	18	36/66 %	Зачет
19	3.1.28 Характеристики случайных колебаний.	5	1	1		1		1	2/100	
20	3.1.29 Описание случайных сигналов в частотной и временной областях.	5	2	1		1			2/100	
21	3.1.30 Узкополосные случайные процессы.	5	3	1		1			2/100	
22	3.1.31 Марковские процессы.	5	4	1		1			2/100	
23	3.1.32 Преобразование характеристик случайного процесса.	5	5	1		1		1	2/100	
24	3.1.33 Распространение суммы гармонических колебаний со случайными фазами.	5	6	1		1			2/100	Рейтинг-контроль №1
25	3.1.34 Нормализация случайных процессов в узкополосных цепях.	5	7	1		1		1	2/100	
26	3.1.35 Воздействие суммы гармонического сигнала и шума на амплитудный детектор.	5	8	1		1			2/100	
27	3.1.36 Воздействие сигнала и шума на частотный детектор и амплитудный резонансный ограничитель.	5	9	1		1		1	2/100	
28	3.1.37 Преобразование закона распределения и энергетического спектра в безинерционном нелинейном элементе.	5	10	1		1		1	2/100	
29	3.1.38 Оптимальная фильтрация на фоне помех.	5	11	1		1		1	2/100	Рейтинг-контроль №2

30	3.1.39 Частотные и временные характеристики согласованного фильтра. Физическая осуществимость.	5	12	1	1	1	2/100	
31	3.1.40 Сигнал и помеха на выходе согласованного фильтра.	5	13	2	1	1	4/100	
32	3.1.41 Примеры построения согласованных фильтров.	5	14	1	1		3/40	
33	3.1.42 Формирование сигнала сопряженного с заданным фильтром.	5	15	1	1	1	3/100	
34	3.1.43 Фильтрация заданного сигнала при «не белом шуме».	5	16	1	1		3/60	Рейтинг-контроль №3
35	3.1.44 Коды Баркера.	5	17-18	1	1			
Всего часов в 5 семестре				18	18	27	36/100	Экзамен
Итого				36	18	45	72/80	45

В графе «Лабор.» (лабораторные работы) представлена трудоемкость по разделам лекций без привязки к неделям учебного процесса, который определяется расписанием занятий.

## ***5. Образовательные технологии***

### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: лабораторные работы, практические занятия, контрольные аудиторские работы, индивидуальные курсовые работы. Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 34 часа лабораторных занятий, 38 часов консультационных занятий (вне расписания), контрольные работы 6 часов (на лекционных занятиях).

### **5.2. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению и защите лабораторных заданий, а также при выполнении индивидуальной курсовой работы. Основа самостоятельной работы – изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций (в т.ч. электронному конспекту на сайте кафедры РТ и РС).

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Все лекционные занятия проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора и представлением от 25 до 40 слайдов по каждой лекции.

Студентам предоставляется компьютерный курс лекций и описания всех лабораторных работ. Имеются электронные версии учебных пособий, рекомендованных для обучения. Компьютерные технологии используются для оформления лабораторных и курсовых работ.

#### 5.4. Лекции приглашенных специалистов

В рамках учебного курса «Радиотехнические цепи и сигналы» встречи с представителями российских и зарубежных учебных и научных организаций, выступления и лекции специалистов, в частности:

- доктора технических наук, профессора, зав.кафедрой радиотехники Рязанской радиотехнической академии (г.Рязань) В.И.Кошелева;
- доктора технических наук, профессора кафедры основ радиотехники МЭИ (г.Москва) В.Г. Карташева.

#### 5.5. Рейтинговая система обучения.

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: активность на контрольных занятиях; качество выполнения лабораторных работ; качество курсового проектирования.

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

#### 6.1. Текущий контроль.

Тесты рейтинг-контроля №1

##### *Тест №1*

1. Каким является сигнал, для которого при любых  $t$  выполняется

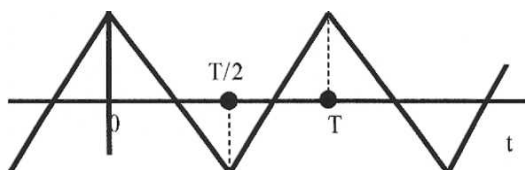
$$S(t) = S(t \pm kT), \text{ где } T = \text{const}; k = \overline{0, \infty} \quad \text{соотношение}$$

1. Конечным во времени;
2. Непериодическим;
3. Имеющим дискретный спектр;
4. Периодическим;
5. Бесконечным во времени;
6. Имеющим непрерывный спектр.

##### *Тест №2*

Каких гармоник не будет в периодическом сигнале:

1. Всех четных;





2. Всех нечетных
3. Каждой третьей;
4. Третьей и далее всех нечетных;
- 5.Каждой пятой.

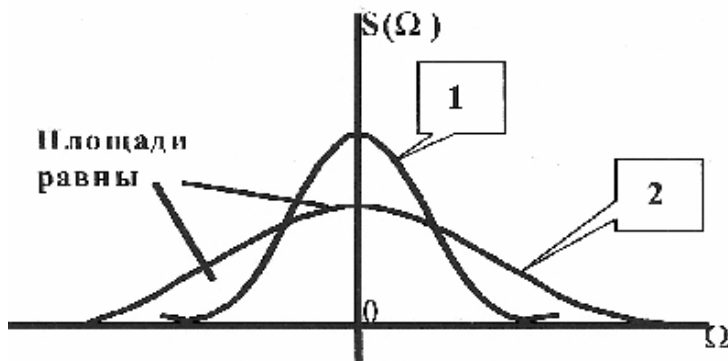
### Тест №3

Чему равна размерность амплитудного спектра периодического тока:

1. Размерности сигнала;
2. Размерности сигнала, деленной на Гц;
3. Вольт;
4. Ампер;
5. В/Гц;
6. Размерности сигнала, умноженной на секунду.

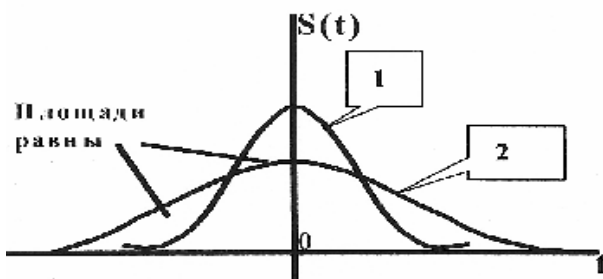
### Тест №4

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов  $S_1(t) = S_1(j\Omega)$  и  $S_2(t) = S_2(j\Omega)$  имеющими ширины спектров  $\Delta\omega_1$  и  $\Delta\omega_2$ , длительности  $\tau_1$  и  $\tau_2$



1.  $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$ ;
2.  $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
3.  $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
4.  $\tau_1 > \tau_2$ ;
5.  $S_1(t) < S_2(t)$  при  $t = 0$
6.  $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$ ;
7.  $S_1(t) > S_2(t)$  при  $t = 0$ .

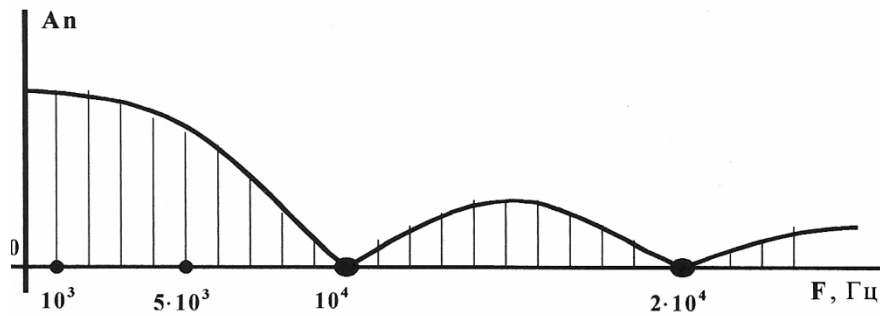
### Тест №5



1.  $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$ ;
2.  $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
3.  $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
4.  $\tau_1 > \tau_2$ ;
5.  $S_1(t) = S_2(t)$  при  $t = 0$
6.  $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$ ;
7.  $S_1(t) > S_2(t)$  при  $t = 0$ .

### Тест №6

Определить длительность непериодического или период и длительность периодических прямоугольных импульсов по их спектральной диаграмме:



1.  $\tau = 1$  мс;
2.  $\tau = 0.1$  мс;
3.  $\tau = 10$  мкс;
4.  $T = 5$  мс;
5.  $T = 1$  мс;
6.  $T = 20$  мкс;
8.  $\tau = 0.2$  мс

### Тест №7

Какая операция над спектральными плотностями сигналов 1 и 2(или только 1) соответствует следующей операции над этими сигналами во времени:  $\int_{-\infty}^{\infty} S_1(x)S_2(x)dx$

1. Произведение спектральных плотностей;
2. Сумма спектральных плотностей;
3. Фазовый сдвиг каждой спектральной составляющей на величину  $\Omega\tau$  или  $n\Omega\tau$  соответственно для непериодического или периодического сигнала;
4. Приращение фазового спектра, равное  $-n\Omega_1\tau$  или  $-\Omega\tau$  соответственно для периодического или непериодического сигнала;
5. Деление на  $j\Omega$ ;
6. Умножение на  $j\Omega$ .

### Тесты рейтинг-контроля №2.

#### Тест №1

Каким является сигнал, для которого при любых  $t$  выполняется соотношение

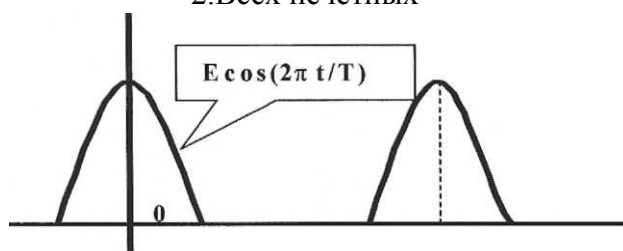
$$S(t) = S(t \pm kT), \text{ где } T = \text{const}; k = 0, 1, 2, 3, \dots, n, \dots:$$

1. Конечным во времени;
2. Непериодическим;
3. Имеющим дискретный спектр;
4. Периодическим;
5. Бесконечным во времени;
6. Имеющим непрерывный спектр.

Каких гармоник не будет в периодическом сигнале:

1. Всех четных;

2. Всех нечетных



3. Каждой третьей;
4. Третьей и далее всех нечетных;
5. Каждой пятой.

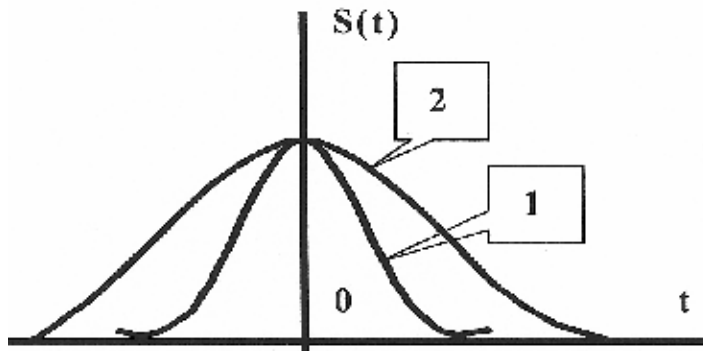
*Тест №2*

Чему равна размерность амплитудного спектра периодического сигнала:

1. Размерности сигнала;
2. Размерности сигнала, деленной на Гц;
3. Вольт;
4. Ампер;
5. В/Гц;
6. Размерности сигнала, умноженной на секунду.

### Тест № 3

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов  $S_1(t) = S_1(j\Omega)$  и  $S_2(t) = S_2(j\Omega)$  имеющими ширины спектров



$\Delta\omega_1$  и  $\Delta\omega_2$ , длительности  $\tau_1$  и  $\tau_2$

1.  $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$ ;
2.  $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
3.  $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
4.  $\tau_1 > \tau_2$ ;
5.  $S_1(t) = S_2(t)$  при  $t = 0$
6.  $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$ ;
7.  $S_1(t) > S_2(t)$  при  $t = 0$ .

### Тест №4

Какая операция над спектральными плотностями сигналов 1 и 2 (или только 1) соответствует следующей операции над ними:  $S_2(t) = \int_n^t S_1(t) dt$

1. Произведение спектральных плотностей;
2. Сумма спектральных плотностей;
3. Фазовый сдвиг каждой спектральной составляющей на величину  $\Omega\tau$  или  $n\Omega\tau$  соответственно для непериодического или периодического сигнала;
4. Приращение фазового спектра, равное  $-n\Omega_1\tau$  или  $-\Omega\tau$  соответственно для периодического или непериодического сигнала;
5. Деление на  $j\Omega$ ;
6. Умножение на  $j\Omega$ .

### Тесты рейтинг-контроля №3

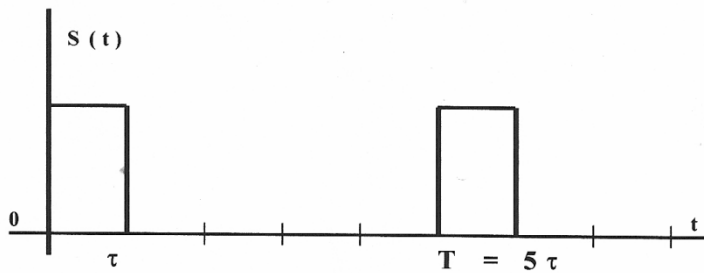
#### Тест №1

2. Каким является сигнал, для которого при любых  $t$  выполняется соотношение  $S(t) = S(t \pm kT)$ , где  $T = \text{const}$ ;  $k=1,3,4,7,10,\dots$ :

1. Конечным во времени;
2. Непериодическим;
3. Имеющим дискретный спектр;
4. Периодическим;
5. Бесконечным во времени;
6. Имеющим непрерывный спектр.

### Тест №2

Каких гармоник не будет в периодическом сигнале:



1. Всех четных;
2. Всех нечетных
3. Каждой третьей;
4. Третьей и далее всех нечетных;
5. Каждой пятой.

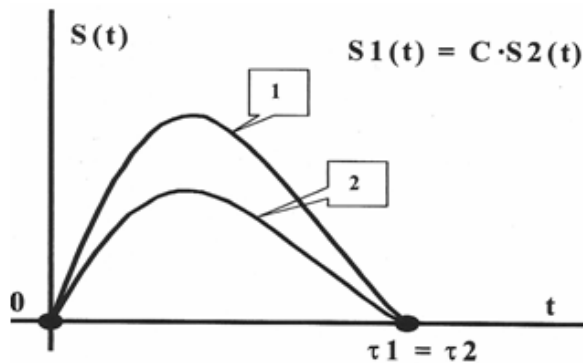
### Тест №3

Чему равна размерность амплитудного спектра непериодического напряжения:

3. Размерности сигнала;
4. Размерности сигнала, деленной на Гц;
5. Вольт;
6. Ампер;
7. В/Гц;
8. Размерности сигнала, умноженной на секунду.

### Тест №4

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов  $S_1(t) = S_1(j\Omega)$  и  $S_2(t) = S_2(j\Omega)$  имеющими ширины спектров

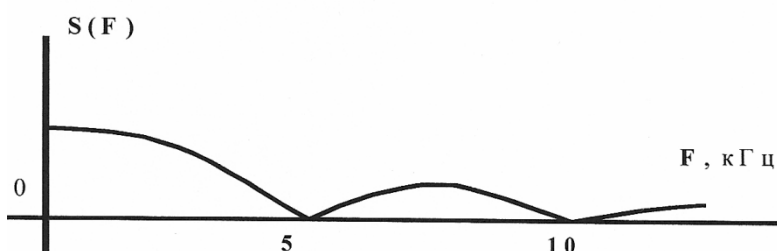


1.  $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$ ;
2.  $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
3.  $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$  при  $\Omega = 0$ ;
4.  $\tau_1 > \tau_2$ ;
5.  $S_1(t) = S_2(t)$  при  $t = 0$
6.  $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$ ;
7.  $S_1(t) > S_2(t)$  при  $t = 0$ .

$\Delta\omega_1$  и  $\Delta\omega_2$ , длительности  $\tau_1$  и  $\tau_2$

### Тест №5

Определить длительность непериодического или период и длительность периодических прямоугольных импульсов по их спектральной диаграмме:

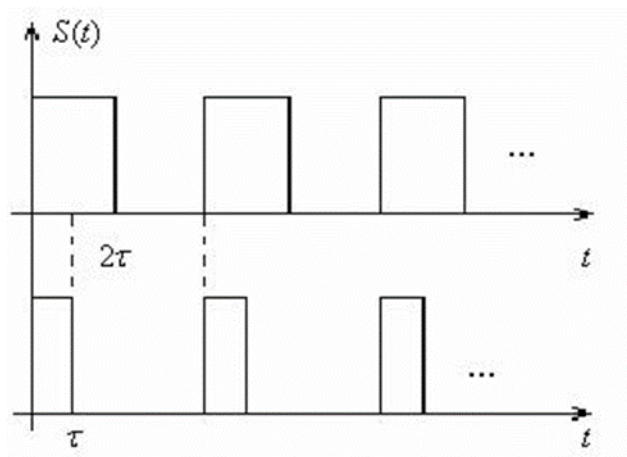


1.  $\tau = 1$  мс;
2.  $\tau = 0.1$  мс;
3.  $\tau = 0.01$  мс;
4.  $T = 5$  мс;
5.  $T = 1$  мс;
6.  $T = 20$  мкс;
7.  $\tau = 0.2$  мс

## 6.2 Контрольные задания по СРС

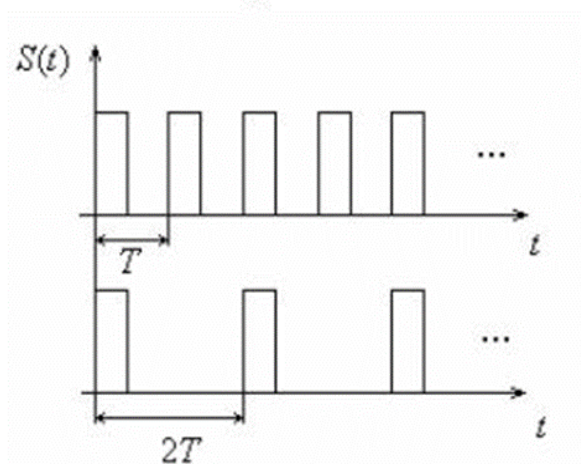
Задание 1.

**Найти спектры последовательностей прямоугольных импульсов:**



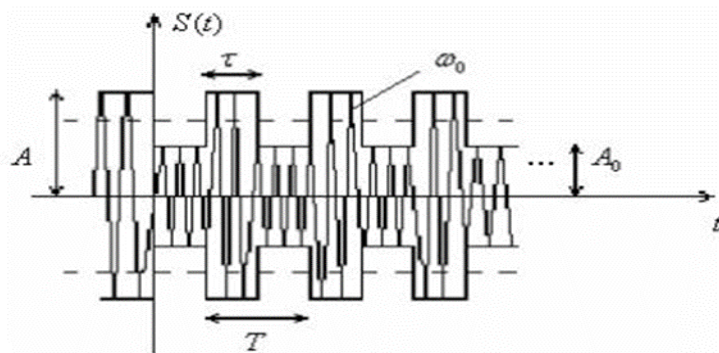
Задание 2.

**Найти спектры последовательностей прямоугольных импульсов:**



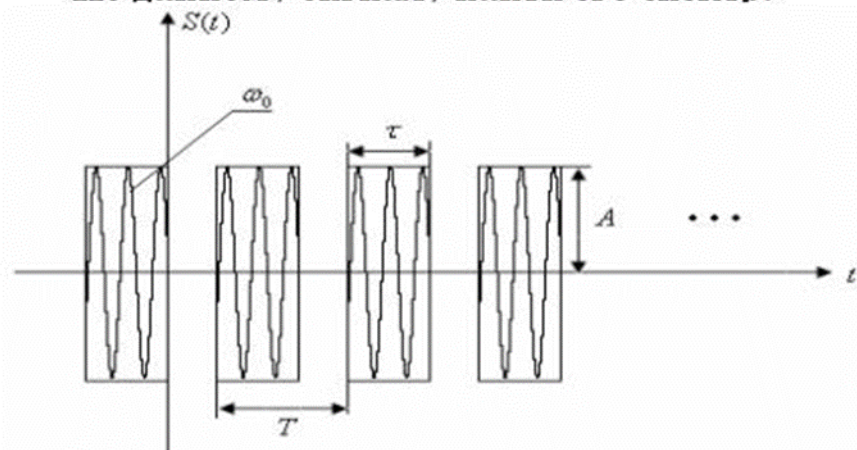
Задание 3.

По данному сигналу найти его спектр:



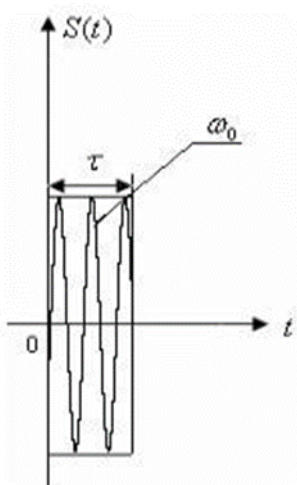
Задание 4.

По данному сигналу найти его спектр:



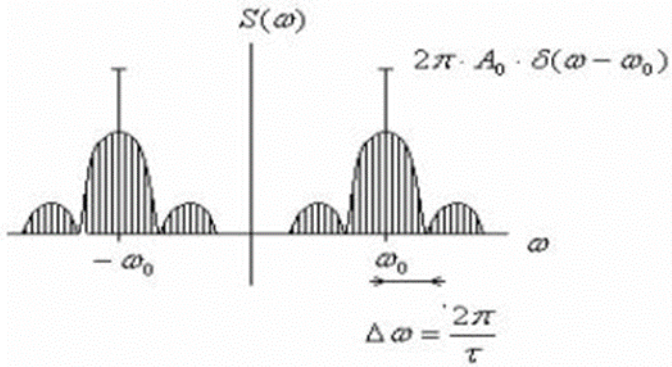
Задание 5.

По данному сигналу  
найти его спектр:



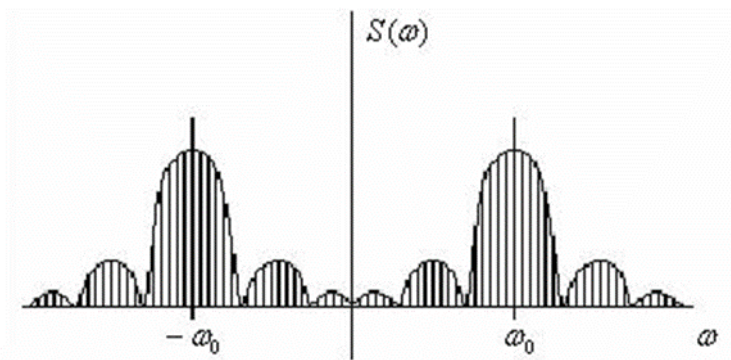
Задание 6.

Найти сигнал соответствующий данному спектру:



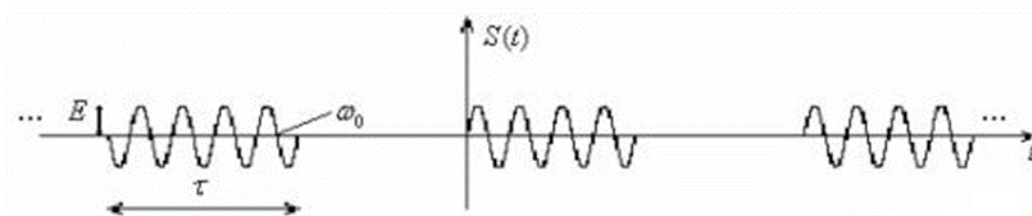
Задание 7.

Найти сигнал соответствующий данному спектру:



Задание 8.

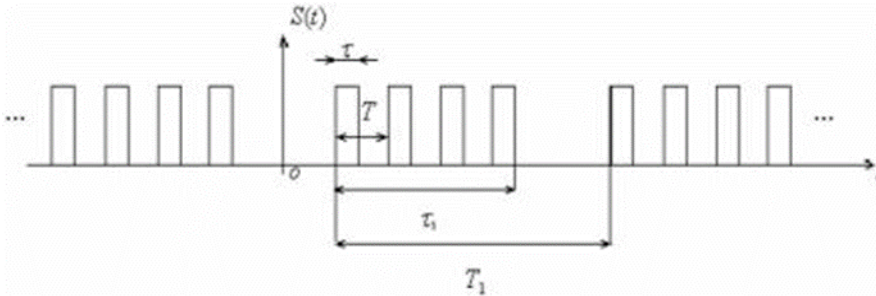
Найти спектр сигнала:





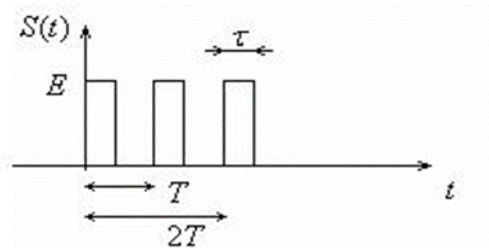
Задание 9

Найти спектр сигнала:



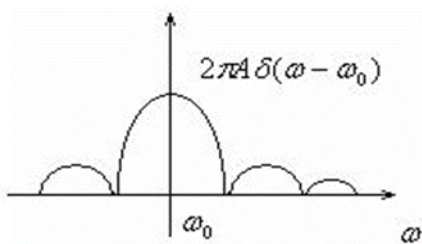
Задание 10.

Найти спектр сигнала:



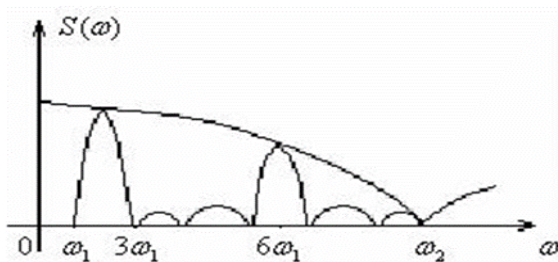
Задание 11.

Найти сигнал соответствующий данному спектру:



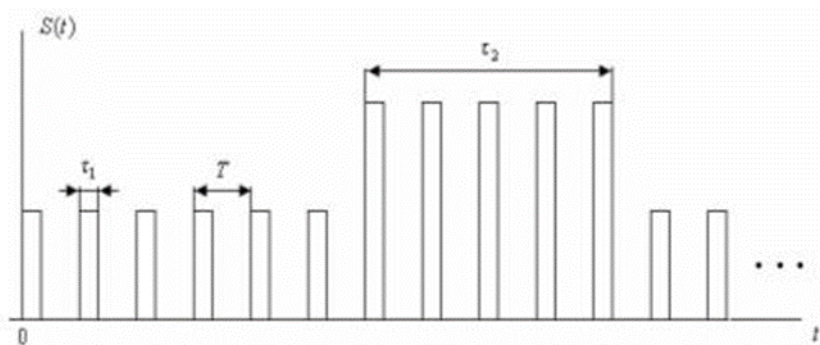
Задание 12.

По данному спектру найти сигнал:



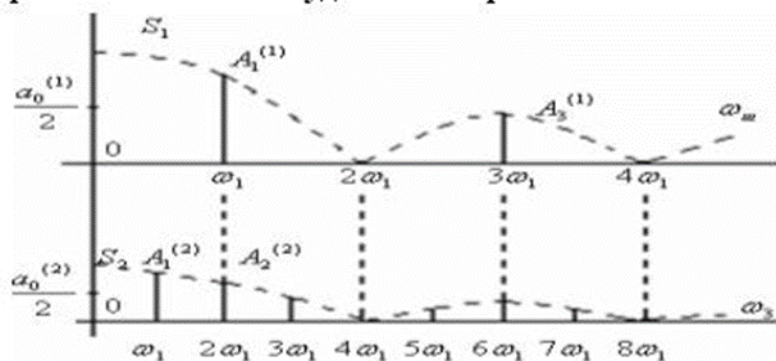
Задание 13.

Построить амплитудный спектр сигнала и определить его параметры:



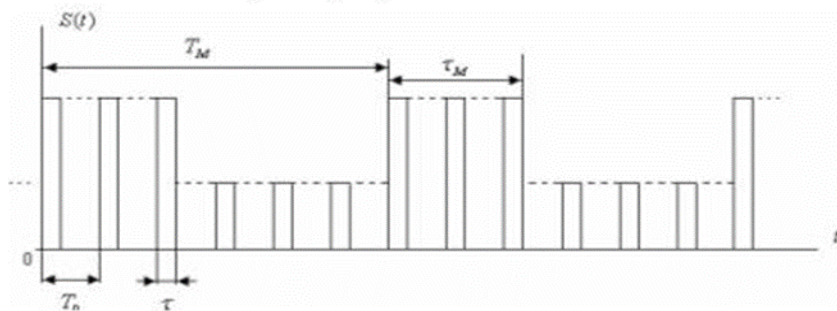
Задание 14.

Изобразить временные диаграммы периодических сигналов  $S_1$  и  $S_2$ , отражающие различия их амплитудных спектров:



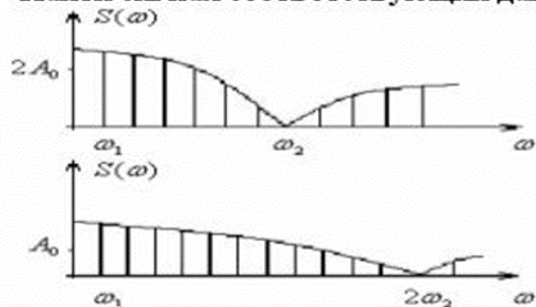
Задание 15.

Изобразить качественный вид спектра, отразив, какие его параметры определяют величины  $T_M$ ,  $\tau_M$ ,  $T_0$ ,  $\tau$ .



Задание 16.

Найти сигнал соответствующий данному спектру:



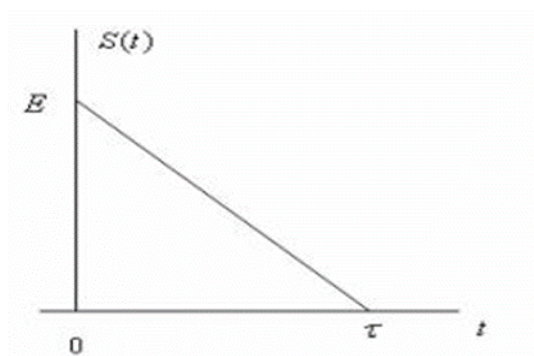
Задание 17.

По данному сигналу найти его спектр:



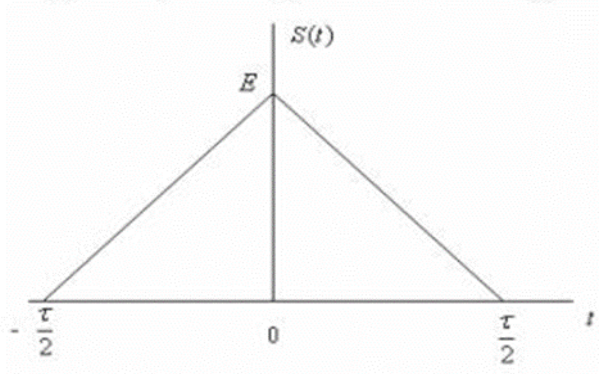
Задание 18.

По данному сигналу найти его спектр:



Задание 19.

По данному сигналу найти его спектр:



Задание 20.

6.3 Контрольные вопросы к зачету.

1. Классификация сигналов
2. Обобщенный ряд Фурье
3. Гармонический анализ периодического сигнала

4. Ряд Фурье
5. Периодическая последовательность прямоугольного импульса
6. Спектр Р0Л импульсов
7. Спектр меандра
8. Спектр пилообразного напряжения
9. Спектр треугольных импульсов
10. Мощность периодического сигнала
11. Гармонический анализ непериодического сигнала
12. Свойства преобразования Фурье
13. Распространение энергии в спектре непериодического сигнала
14. Спектр прямоугольного импульса
15. Спектр Гауссова импульса
16. Спектр импульса  $\text{Sin}(x)/x$
17. Дельта импульс
18. Спектр единичного сигнала
19. Спектр экспоненциального импульса
20. Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи
21. Метод огибающей
22. Прохождение радиоимпульса через резонансный усилитель
23. Искажение АМ колебания в резонансном усилителе
24. Интегральные цепи
25. Дифференциальные цепи
26. Метод интегрального наложения
27. Спектральный метод
28. Применение ООС
29. Обратная связь в усилителях
30. Резонансный усилитель
31. Каскадное соединение усилителей
32. Частотные и временные характеристики
33. Аналитический сигнал
34. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала
35. Спектр колебания при смешанной АМ-ЧМ
36. Спектр радиоимпульса с ЧМ заполнением
37. Фазовая и частотная модуляция
38. Спектр угловой модуляции
39. Угловая модуляция
40. Спектр амплитудной модуляции
41. Амплитудная модуляция
42. Модуляция
43. Узкополосный сигнал
44. Спектр колебания при угловой модуляции
45. Спектр ЛЧМ сигнала
46. Соотношение между длительностью сигнала и шириной спектра

#### 6.4. Текущий контроль.

#### Тесты рейтинг-контроля №1

##### **Тест №1**

1. Какой случайный сигнал называют стационарным?

- а) случайный сигнал, у которого характеристики не зависят от момента наблюдения;
- б) случайный сигнал, у которого характеристики зависят от момента наблюдения;
- в) случайный сигнал, у которого при вычислении характеристик можно производить усреднение по времени.

##### **Тест №2**

2. Что такое гауссов шум?

- а) случайный сигнал, у которого зависимость амплитуды от времени  $A(t)$  имеет форму гауссовой кривой;
- б) случайный сигнал, у которого плотность вероятности  $P(x)$  имеет форму гауссовой кривой;
- в) случайный сигнал, у которого спектральная плотность энергии  $|S(\omega)|^2$  имеет форму гауссовой кривой.

##### **Тест №3**

3. Укажите формулу взаимосвязи АКФ случайного сигнала с нулевым средним и спектральной плотности мощности.

а)  $B_x(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega$  ;

б)  $B_x(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega$  ;

в)  $B_x(\tau) = \int_0^T |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega$  .

##### **Тест №4**

4. Формула взаимосвязи частотной и импульсной характеристики.

а)  $K(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) dt$  ;

б)  $K(j\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) dt$  ;

в)  $K(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) e^{-j\omega t} dt$  .

##### **Тест №5**

5. Указать верную формулу для спектральной плотности сигнала на выходе идеального интегратора.

а)  $S_{\text{вых}}(\omega) = \frac{1}{j\omega\tau} S_{\text{вх}}(\omega)$  ;

б)  $S_{\text{вых}}(\omega) = j\omega\tau S_{\text{вх}}(\omega)$  ;

в)  $S_{\text{вых}}(\omega) = S_{\text{вх}}(\omega)e^{j\omega\tau}$ .

**Тест №6**

6. Как изменяется АКФ случайного сигнала при прохождении через интегрирующую цепь?

- а) не изменится;
- б) уменьшаются осцилляции АКФ;
- в) увеличиваются осцилляции АКФ.

**Тесты рейтинг-контроля №2**

**Тест №1**

1. Указать верную форму кусочно-линейной аппроксимации ВАХ нелинейного элемента.

- а)  $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = a_0 + a_1(U_{\text{вх}} - U_0)$ ;
- б)  $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} (U_{\text{вх}} - U_0), & \text{если } U_{\text{вх}} > U_0 \\ S(U_{\text{вх}} - U_0)^2, & \text{если } U_{\text{вх}} < U_0 \end{cases}$ ;
- в)  $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{\text{вх}} > U_n \\ S(U_{\text{вх}} - U_n), & \text{если } U_{\text{вх}} < U_n \end{cases}$ .

**Тест №2**

2. Чтобы увеличить глубину модуляции при получении АСМ необходимо:

- а) увеличить амплитуду модулирующего напряжения;
- б) уменьшить амплитуду моделирующего напряжения;
- в) увеличить частоту моделирующего напряжения;
- г) увеличить амплитуду несущего колебания.

**Тест №3**

3. Условие баланса амплитуд в автогенераторе.

- а)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) = 1$ ;
- б)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) \ll 1$ ;
- в)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) > 1$ .

**Тест №4**

4. В каком режиме должен работать нелинейный элемент в автогенераторе при жёстком режиме запуска?

- а) А;
- б) В;
- в) С.

**Тест №5**

5. Чему равно число различных коэффициентов  $C_i$  в дискретном преобразовании Фурье? Где  $T$  – длительность сигнала,  $\Delta$  – интервал дискретизации.

- а)  $N = T / \Delta$ ;

- б)  $N = T \cdot \Delta$ ;
- в)  $N = T^\Delta$ ;
- г)  $N = \Delta^T$ .

**Тест №6**

6. Укажите верное выражение для передаточной функции трансверсального фильтра

- а)  $K_T(j\omega) = \sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T}$  ;
- б)  $K_T(j\omega) = \frac{\sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T}}{1 - \sum_{m=1}^H b_m e^{-jm\omega T}}$  ;
- в)  $K_T(j\omega) = \sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T} \left( 1 - \sum_{m=1}^H b_m e^{-jm\omega T} \right)$  .

**Тесты рейтинг-контроля №3**

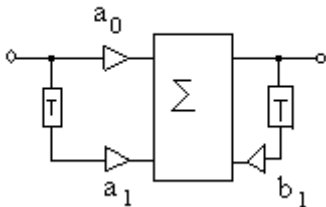
**Тест №1**

1. Указать верную формулу для нахождения выходного сигнала на выходе линейной цепи по методу интеграла наложения.

- а)  $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{ex}}(\omega) K(j\omega) dt$  ;
- б)  $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{ex}}(t) K(j\omega - \omega_0) dt$  ;
- в)  $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{ex}}(\tau) g(t - \tau) d\tau$  .

**Тест №2**

2. Охарактеризуйте цифровой фильтр, изображенный на рисунке.



- а) трансверсальный фильтр 1-ого порядка;
- б) рекурсивный фильтр 1-ого порядка;
- в) трансверсальный фильтр 2-ого порядка;
- г) рекурсивный фильтр 2-ого порядка.

**Тест №3**



3. Режим с каким углом отсечки необходимо выбрать при построении утроителя частоты на основе нелинейного элемента?

- а)  $60^\circ$ ;
- б)  $90^\circ$ ;
- в)  $40^\circ$ ;
- г)  $180^\circ$ .

**Тест №4**

4. Для выполнения частотного детектирования при использовании линейного частотного фильтра необходимо обеспечить условие

- а)  $\omega_p = \omega_0$ , т.е. равенства резонансной частоты фильтра и несущей частоты частотномодулированного сигнала;
- б)  $\omega_p \neq \omega_0$ , т.е. неравенства резонансной частоты фильтра и несущей частоты частотномодулированного сигнала;
- в)  $K(\omega_p) \gg K(\omega_0)$ , т.е. коэффициент передачи фильтра на резонансной частоте должен быть существенно больше коэффициента передачи на несущей частоте.

**Тест №5**

5. Условие баланса амплитуд в автогенераторе.

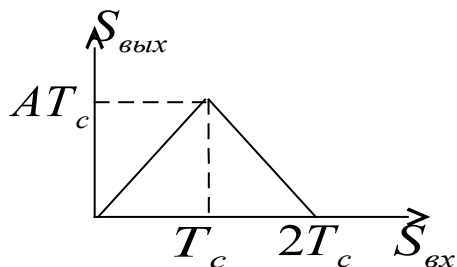
- а)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) = 1$ ;
- б)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) \ll 1$ ;
- в)  $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) > 1$ .

**Тест №6**

6. Основная проблема синтеза цифрового фильтра по аналоговому прототипу.

- а) дискретность импульсной характеристики цифрового фильтра;
- б) периодичность импульсной характеристики;
- в) периодичность частотной характеристики цифрового фильтра.

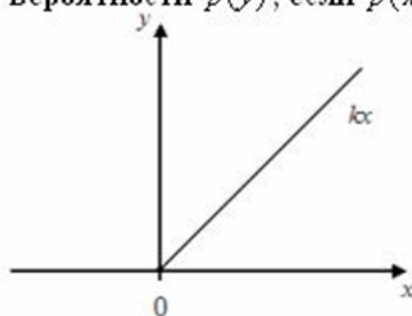
Входной сигнал – прямоугольный импульс. Укажите верную форму сигнала на выходе фильтра



6.5 Контрольные задания по СРС

Задание 1.

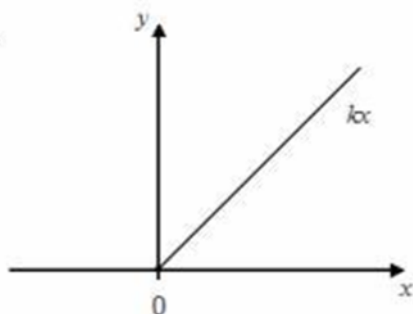
Найти плотность вероятности  $p(y)$ , если  $p(x)$ -Гауссово распределение,  $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1$ ,  $k = 1$ :



Задание 2.

Найти плотность вероятности  $p(y)$ , если  $p(x)$ -распределение Рэлея,  $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1$

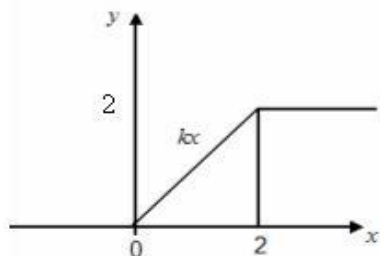
$k = 1$ :



Задание 3.

Найти плотность вероятности  $p(y)$ , если  $p(x)$ -распределение Гаусса,  $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1$

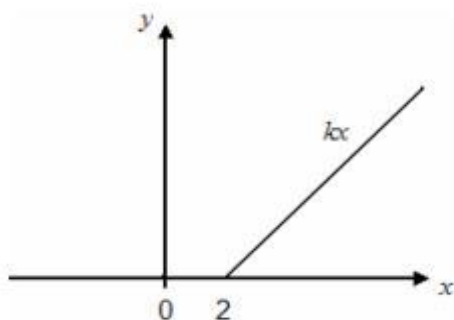
$k = 1$ :



Задание 4.

Найти плотность вероятности  $p(y)$ , если  $p(x)$ -распределение Гаусса,  $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1$ ,

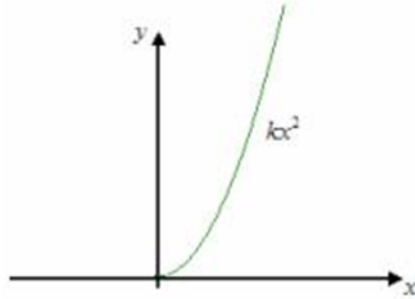
$k = 1$ :



Задание 5.

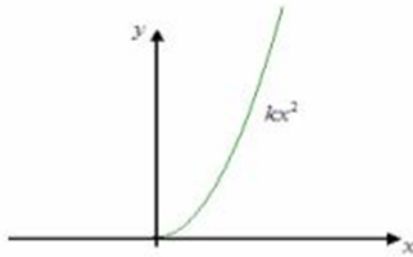
Найти плотность вероятности  $p(y)$ , если  $p(x) = \exp(-\alpha x)$ ,  $\alpha$  - константа,

$$m_x = 0, \sigma_x^2 = 1, k = 1:$$



Задание 6.

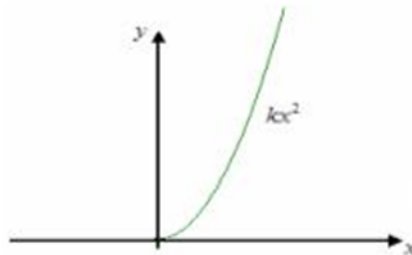
Найти плотность вероятности  $p(y)$ , если  $p(x)$  - распределение Рэлея,  $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1, k = 1$



Задание 7.

Найти плотность вероятности  $p(y)$ , если  $p(x)$  - равномерное распределение, на

отрезке  $[-\pi, 0]$ ,  $k = \sqrt{3}$  :



Задание 8.

Найти спектральную плотность мощности, если корреляционная функция

процесса:  $K = \sigma^2 \exp(-\alpha|\tau|)$

Задание 9.

Найти спектральную плотность мощности, если корреляционная функция процесса:  $K = \sigma^2 \cos(\beta\tau)$

Задание 10.

Найти корреляционную функцию процесса, если спектральная плотность мощности описывается функцией:  $W(\omega) = W_0 \exp(-\beta\omega^2)$

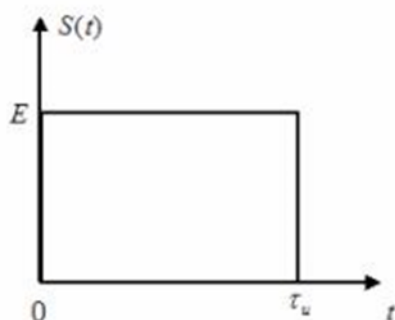
Задание 11.

Найти корреляционную функцию процесса, если спектральная плотность мощности описывается функцией:  $W(\omega) = W_0 \cos^2(\omega)$

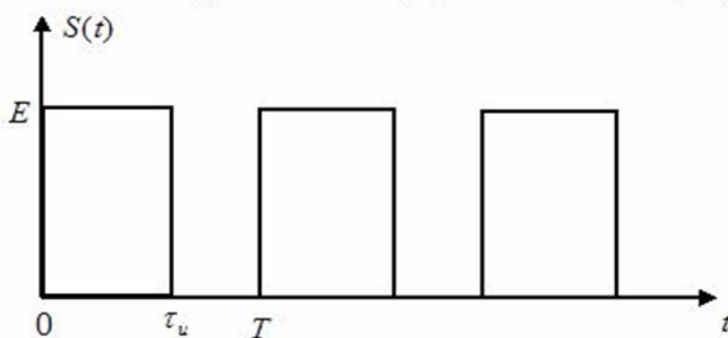
Задание 12.

Задание 13.

Найти АКФ для сигнала представленного на рисунке:



Найти АКФ для сигнала представленного на рисунке:



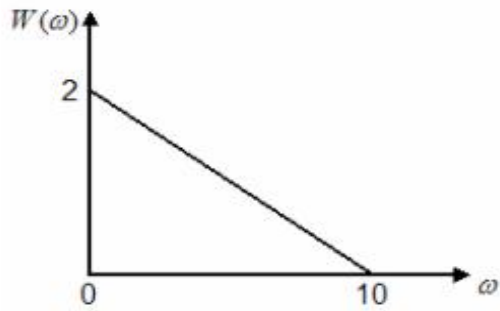
Задание 14.

Найти АКФ, если энергетический спектр описывается функцией:

$$W(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < -\varpi \\ W_0, & -\varpi < \omega < \varpi \\ 0, & \omega > \varpi \end{cases}$$

Задание 15.

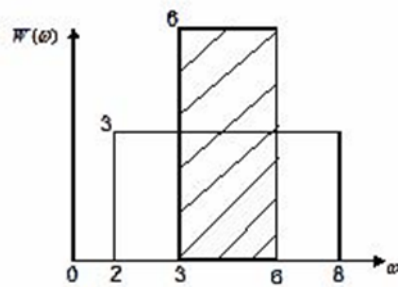
Найти дисперсию процесса, если его спектральная плотность мощности:



Задание 16.

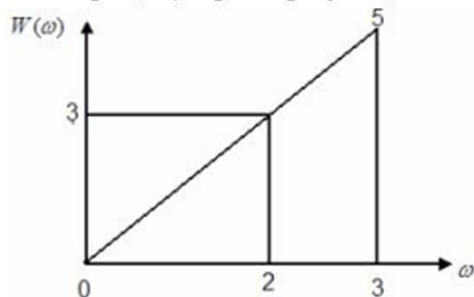
Задание 17.

Указать процесс, характеризующийся большей дисперсией:



Задание 18.

Указать процесс, характеризующийся большей дисперсией:



Задание 19.

Найти АКФ 3-х позиционного кода Баркера:

$$u = \{1,1,1\}$$

Задание 20.

Найти АКФ 3-х позиционного кода Баркера:

$$u = \{1, -1, 1\}$$

### 6.6 Экзаменационные вопросы.

1. Классификация случайных процессов, стационарных СП, эргодическое свойство.
2. Законы распределений случайных процессов, их свойства, условия стационарности в широком и узком смысле.
3. Спектральная плотность мощности и корреляционная функция случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина.
4. Моменты и моментные функции случайных процессов
5. Модели случайных процессов, «белый шум» идеальный и реальный, нормальный широкополосный и узкополосный.
6. Независимость и некоррелируемость случайных процессов, разложение узкополосного нормального шума на квадратурные независимые составляющие.
7. Законы распределения огибающей фазы и частоты узкополосного нормального шума.
8. Преобразование спектральной плотности мощности и ковариационной функции в линейной цепи. Воздействие «белого шума» на линейную цепь.
9. Распространение суммы независимых гармонических колебаний со случайными фазами.
10. Нормализация случайных процессов в линейных цепях (примеры). Денормализация (примеры).
11. Преобразование закона распределения случайного процесса в нелинейном безынерционном элементе.
12. Методы отыскания энергетических характеристик СП на выходе нелинейной цепи.
13. Воздействие нормального узкополосного шума на линейный и квадратичный амплитудные детекторы.
14. Воздействие суммы гармонического сигнала и нормального узкополосного шума на линейный амплитудный детектор. Распределение огибающей и его свойства. Отношение С/П при малом и большом сигнале.
15. Воздействие суммы гармонического сигнала и нормального узкополосного шума на квадратичный амплитудный детектор. Распределение огибающей и его свойства. Отношение С/П при малом и большом сигнале.
16. Воздействие суммы гармонического сигнала и нормального узкополосного шума на частотный детектор. С/П на выходе (пример).
17. Понятие об основных задачах статической радиотехники на примере

разложения систем.

18. Согласованная фильтрация заданного сигнала. Неравенство Шварца.

19. Частотная и импульсная характеристика согласованного с заданным сигналом фильтра. Критерий Пэли-Винера.

20. Сигнал и шум на выходе согласованного фильтра. Форма полезного сигнала и корреляционная функция шума, понятие корреляционной функции детектированного сигнала.

21. Построение фильтров, согласованных с одиночным прямоугольным импульсом и с пачкой импульсов.

22. Согласованный фильтр для радиоимпульса с ЛЧМ.

23. Принцип формирования сигнала, согласованного с заданным фильтром. Согласованная фильтрация при небелом шуме на входе.

## **7. Учебно-методическая и информационное обеспечение дисциплины**

### *7.1. Основная литература (библиотека ВлГУ)*

1. Баксей В.Я., Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторный практикум: Изд-во НГТУ, г. Новосиб., ISBN 978-5-7782-2395-0, 2014.  
[<http://znanium.com/bookread2.php.book546203>]
2. Копылов, А. Ф. Основы теории электрических цепей. Основные понятия и определения. Методы расчета электрических цепей постоянного и переменного тока. Частотные характеристики R – L и R – C цепей учеб. пособие Изд-во г. Красноярск: Сиб. федер. ун-т - 666 с. - ISBN 978-5-7638-2507-7, 2013.  
[<http://znanium.com/bookread2.php?book=492485>]
3. Никулин В. И. Теория электрических цепей: Учебное пособие Изд-во ИЦ РИОР: НИЦ Инфра г.Москва, - 240 с.: 60x90 1/16. ISBN 978-5-369-01179-9, 2013.  
[<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363299>]

### *7.2. Дополнительная литература*

1. Шайдуров Г. Я. Основы теории и проектирования радиотехнических систем. Учебное пособие. Изд-во Сибир. Фед.ун-тет, г. Красноярск - 283 с. ISBN 978-5-7638-2047-8, 2010.  
[<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441951>]
2. Яковлев А. Н., Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях / Яковлев А.Н. Изд-во НГТУ г. Новосиб. ISBN 978-5-7782-1374-6, 2010.  
[<http://znanium.com/bookread2.php.book558860>]
3. Баскей В. Я., Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях / Баскей В.Я., Яковлев А.Н. - Новосиб.:НГТУ, - 56 с.: ISBN 978-5-7782-1408-8, 2010.  
[<http://znanium.com/bookread2.php?book=556584>]
4. Арсеньев Г. Н., Основы теории цепей: Учебное пособие Изд-во ИД ФОРУМ: ИНФРА г.Москва - 448 с.: ил.; 70x100 1/16. ISBN 978-5-8199-0466-4, 2011.  
[<http://znanium.com/bookread2.php?book=224548>]
5. Бирюков В. Н., Диагностика элементов радиотехнических цепей: Учебное пособие / Бирюков В.Н., Пилипенко А.М. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ- 52 с. , 2011.  
[<http://znanium.com/bookread2.php?book=551445>]

### *7.3. Отечественные журналы*

- Радиотехника;

- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов
- Успехи современной радиоэлектроники

#### *7.4. Реферативные журналы*

- Радиотехника
- Электроника

#### *7.5. Зарубежные журналы*

- *IEEE Transactions on Communications;*
- *IEEE Transactions on Signal Processing;*
- *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.*

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Материально-Техническое обеспечение включает:

- Кафедральные мультимедийные средства (АУД. 301-3, 335-3);
- Наборы слайдов по всем лекциям (от 25 до 40 слайдов по каждой лекции);

Примечания:

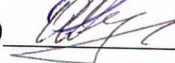
Общее число подготовленных слайдов более 300, они ежегодно редактируются и модернизируются в соответствии с развитием технической и методической базы.



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению:  
«11.03.01 Радиотехника»

Рабочую программу составил:

зав.каф.РТиРС, д.т.н., проф.:  О.Р.Никитин


Сторонний рецензент(ы)  зам.ген.директор «ВКБР», к.т.н. А.Е. Богданов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС  
протокол № 10 от 02.04.15 года.

Заведующий кафедрой  О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии направления 11.03.01.

протокол № 4 от 4.04.15 года.

Председатель комиссии 

Программа переутверждена:

на \_\_\_\_\_ учебный год. Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от  
\_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год. Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от  
\_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год. Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от  
\_\_\_\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ  
«РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ»**

Рабочая программа одобрена на 15/16 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 127 от 30.03.15 года.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *ОРНИКИТИИ*

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *ОРНИКИТИИ*

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_