

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:

Зав. кафедрой
радиотехники



А.В. Останков

27.09.2022 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Научная специальность: 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы
и устройства телевидения

Нормативный период обучения 4 года

Год начала подготовки 2022

Разработчик

профессор
должность


подпись

А.Б. Токарев

Воронеж – 2022

В результате изучения дисциплины «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» аспирант должен

знать:

- современные методы анализа и синтеза радиотехнических устройств различного назначения, методологию описания свойств случайных процессов и явлений;
- современные подходы к анализу детерминированных и случайных сигналов, способы количественной оценки ошибок измерения процессов в радиотехнических системах;
- методы цифровой обработки сигналов и цифрового спектрального анализа;
- методы обнаружения и различения сигналов, оценки и фильтрации их параметров;
- характеристики и назначения фильтров Калмана, Колмогорова-Винера, а также идеальных, согласованных, адаптивных и квазиоптимальных фильтров;
- методы проведения теоретических и экспериментальных научных исследований;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.
- современные математические пакеты, применяемые для анализа и моделирования устройств и систем в области радиотехники, систем связи и радиотехнических систем специального назначения;

уметь:

- синтезировать структурные схемы различных радиотехнических устройств и их ключевых элементов;
- разрабатывать математическое описание и обоснование собственных алгоритмов и методов обработки сигналов;
- анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов;
- составлять план математического и физического моделирования, в том числе с использованием современных математических пакетов и систем моделирования;
- применять получаемые результаты в существующих и разрабатываемых радиотехнических системах;

владеть:

- навыками аналитического и экспериментального исследования процессов в радиотехнических устройствах;
- навыками обработки и интерпретации результатов математического или физического моделирования;
- навыками практического использования математических пакетов, ориентированных на статистическую обработку данных;
- приёмами экспериментальной проверки выдвигаемых гипотез и алгоритмов обработки данных.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Тип ОМ	Показатели оценивания
знать: - современные методы анализа и синтеза радиотехнических устройств различного назначения, методологию описания свойств случайных процессов и явлений; - современные подходы к анализу детерминированных и случайных сигналов, способы количественной оценки ошибок измерения процессов в радиотехнических системах; - методы цифровой обработки сигналов и цифрового спектрального анализа; - методы обнаружения и различения сигналов, оценки и фильтрации их параметров; - характеристики и назначения фильтров Калмана, Колмогорова-Винера, а также идеальных, согласованных, адаптивных и квазиоптимальных фильтров; - методы проведения теоретических и экспериментальных научных исследований; - методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач. - современные математические пакеты, применяемые для анализа и моделирования устройств и систем в области радиотехники, систем связи и радиотехнических систем специального назначения	Тестовые задания, вопросы к экзамену	Полнота знаний
уметь: - синтезировать структурные схемы различных радиотехнических устройств и их ключевых элементов; - разрабатывать математическое описание и обоснование собственных алгоритмов и методов обработки сигналов; - анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; - составлять план математического и физического моделирования, в том числе с использованием современных математических пакетов и систем моделирования	Стандартные задания	Наличие умений
владеть: - навыками аналитического и экспериментального исследования процессов в радиотехнических устройствах; - навыками обработки и интерпретации результатов математического или физического моделирования; - навыками практического использования математических пакетов, ориентированных на статистическую обработку данных; - приёмами экспериментальной проверки выдвигаемых гипотез и алгоритмов обработки данных.	Прикладные задания	Наличие навыков

ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ И ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Показатели оценивания компетенций	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенции			
	Неудовлетворительный	Минимально допустимый (пороговый)	Средний	Высокий
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объёме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объеме без недочетов.
Наличие навыков (владение опытом)	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вопросы (тестовые задания) для оценки результатов обучения

1.	Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Классификация случайных процессов. Особенности стационарных и эргодических случайных процессов.
2.	Корреляционные и спектральные характеристики случайных процессов, их свойства и методы экспериментального измерения. Понятие интервала корреляции и ширины спектра СП.
3.	Изменение свойств случайных процессов после прохождения через линейные цепи с постоянными параметрами.
4.	Изменение свойств случайных процессов в нелинейных цепях.
5.	Теорема Котельникова в применении к видеосигналу, радиосигналу, комплексной огибающей сигнала. Погрешности при осуществлении дискретизации сигналов на практике.
6.	Особенности реализации устройств выборки и хранения применительно к видеосигналу, радиосигналу, комплексной огибающей сигнала. Требования к характеристикам устройств выборки и хранения.
7.	Погрешности квантования сигналов и их минимизация. Шумы при линейном квантовании сигналов. Обнаружение сигналов с уровнями менее шага квантования за счет добавления аддитивного шума и использования сверхдискретизации.
8.	Преимущества и недостатки нелинейного квантования сигналов.
9.	Адаптивное квантование сигналов. Его преимущества и недостатки.
10.	Оптимальное выделение сигналов неизвестной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Свойства фильтра Колмогорова-Винера.
11.	Согласованные фильтры. Предельно достижимое отношение сигнал/шум на выходе линейной цепи при оптимальном обнаружении сигнала известной формы в условиях действия белого шума.
12.	Оптимальное обнаружение сигналов известной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Оптимальный фильтр и его комплексный коэффициент передачи.
13.	Проблема синхронизации при когерентном обнаружении сигнала известной формы. Некогерентное обнаружение сигналов, его достоинства и недостатки.
14.	Векторное представление сигнала. Функциональное пространство сигналов; размерность пространства. Понятие базы сигнала (ансамбля сигналов).
15.	Простые и сложные сигналы. База сигнала. Методы формирования сложных сигналов. Преимущества и недостатки сложного сигнала по сравнению с простым.
16.	Потенциальная помехоустойчивость при точно известном ансамбле сигналов.

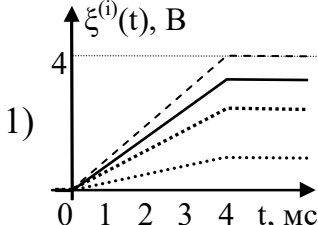
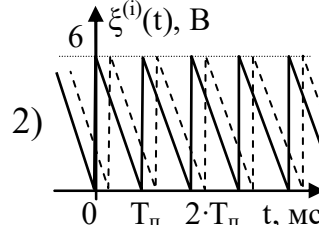
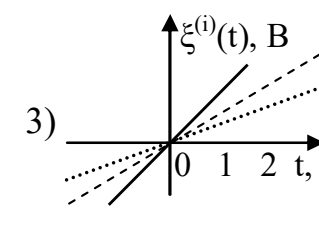
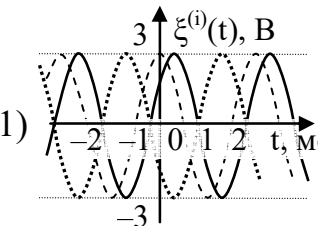
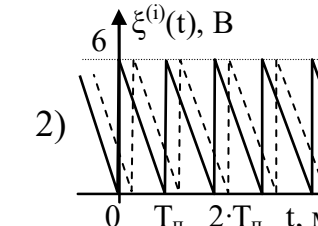
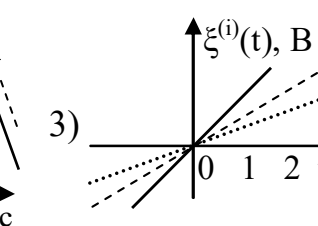
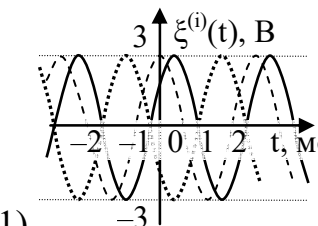
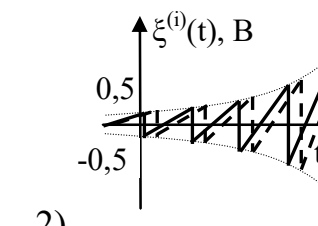
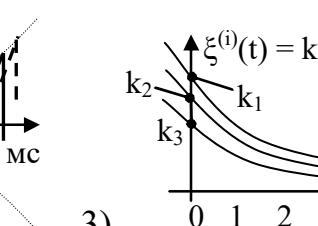
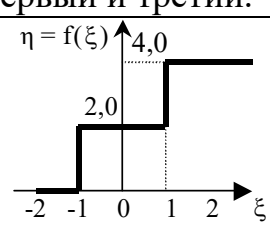
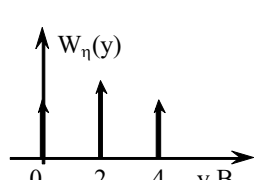
17.	Некогерентный приём радиосигналов: особенности, анализ помехоустойчивости.
18.	Информационная теория связи и пропускная способность каналов связи.
19.	Теорема Шеннона для каналов без помех.
20.	Теорема Шеннона для каналов с аддитивными шумами.
21.	Понятие базы сигнала (ансамбля сигналов). Формирование ансамблей сложных радиосигналов. Использование кодов Грея для повышения помехоустойчивости передачи данных.
22.	Спектральная эффективность различных видов модуляции.
23.	Ортогональное частотное разделение с мультиплексированием.
24.	Особенности многолучевого распространения сигналов и моделирование многолучевых радиоканалов. Искажения из-за многолучевости и методы борьбы с ними.
25.	Межсимвольная интерференция и выравнивание каналов.
26.	Влияние на связь преднамеренных помех. Проблема обеспечения имитостойкости и алгоритм Берлекампа-Мессии.
27.	Особенности использования широкополосных сигналов в системах связи.
28.	Адаптация систем связи к изменяющейся радиообстановке. Особенности, преимущества и недостатки технологии SDR.
29.	Адаптивная цифровая фильтрация сигналов.
30.	Применение цифровых фильтров Калмана для фильтрации скалярных параметров радиосигналов. Уравнения фильтра Калмана.
31.	Применение цифровых фильтров Калмана для оценивания векторных параметров сигналов.
32.	Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации.

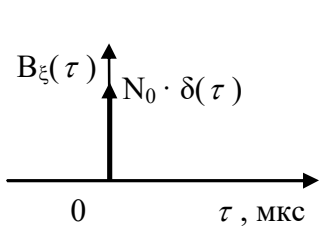
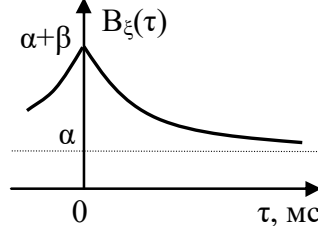
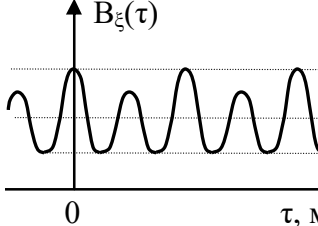
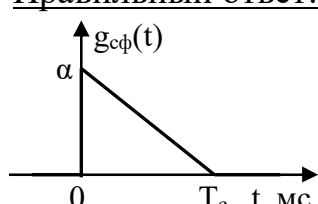
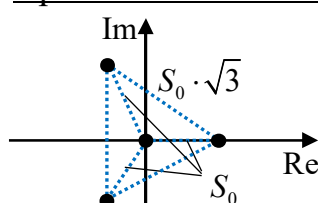
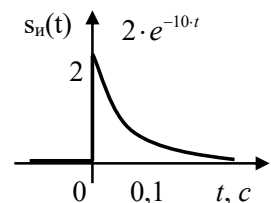
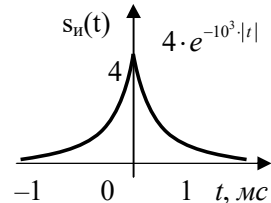
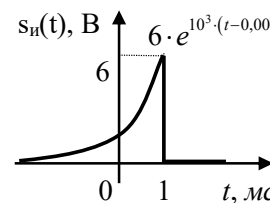
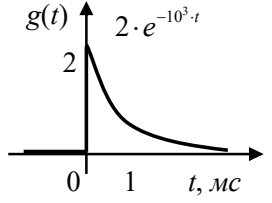
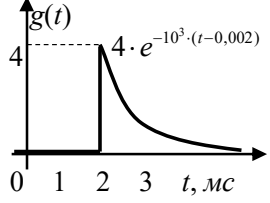
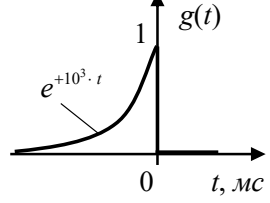
Практические задания для оценки результатов обучения

1.	Критерием оптимальности обработки сигналов в аналоговых системах связи является обеспечение... А. точное совпадение сигнала, получаемого в результате фильтрации, с исходным сигналом, формируемым передатчиком системы. В. максимально достижимой вероятности обнаружения сигнала, излучавшегося передатчиком, на приёмной стороне канала связи. С. минимизация среднеквадратической погрешности, характеризующей отличие принятого сигнала от сигнала, излучавшегося передатчиком. Д. равенства нулю интенсивности шумовой составляющей обрабатываемой смеси принятого полезного сигнала и шума.
2.	Критерием оптимальности обработки сигналов при цифровой передаче информации в системах связи... А. минимизация среднеквадратической погрешности отличия принятого сигнала от сигнала, излучавшегося передатчиком. В. обеспечение максимально возможного отношения сигнал-шум q на выходе оптимального фильтра и, соответственно, на входе порогового устройства в заранее выбранный момент времени

	С. максимизация отклика на полезный сигнал на выходе обрабатывающего линейного фильтра. Д. равенства нулю интенсивности шумовой составляющей обрабатываемой смеси принятого полезного сигнала и шума.
3.	Оптимальный фильтр обеспечивает минимум среднеквадратической погрешности приёма сигнала за счет... А. за счет полного подавления шумовой составляющей обрабатываемой смеси принятого полезного сигнала и шума. В. за счет максимально возможного усиления наибольших спектральных составляющих полезного сигнала. С. за счет синфазного сложения спектральных составляющих, относящихся к полезному сигналу. Д. за счет нулевой или линейной ФЧХ фильтра и за счет повышения АЧХ для частот, где отношение сигнал-шум велико, и понижения АЧХ на частотах, где отношение сигнал-шум мало.
4.	Оптимальный фильтр обеспечивает максимально возможное отношение сигнал-шум в заранее выбранный момент времени за счет... А. за счет АЧХ, пропорциональной отношению сигнал-шум, и ФЧХ, обеспечивающей синфазное сложение спектральных составляющих, относящихся к полезному сигналу. В. за счет максимально возможного усиления наибольших спектральных составляющих полезного сигнала. С. за счет максимально возможного подавления шумовых спектральных составляющих принимаемого колебания. Д. за счет строго линейной ФЧХ фильтра и повышения АЧХ для частот, где отношение сигнал-шум велико.
5.	При приёме случайного полезного сигнала, характеризуемого спектральной плотностью мощности $S(\omega)$, на фоне аддитивного шума, характеризуемого спектральной плотностью мощности $N(\omega)$, комплексный коэффициент передачи оптимального фильтра Колмогорова-Винера определяется выражением А. $\dot{K}(\omega) = S(\omega) / N(\omega)$. В. $\dot{K}(\omega) = \frac{S(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}$. С. $\dot{K}(\omega) = \frac{N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}$. Д. $\dot{K}(\omega) = \frac{S(\omega) \cdot N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}$. Е. $\dot{K}(\omega) = \frac{S(\omega) + N(\omega)}{S(\omega) \cdot N(\omega)}$
6.	При обнаружении полностью известного сигнала $u(t)$ на фоне аддитивного белого шума решение следует принимать на основе сравнения в момент времени t_0 с порогом отклика согласованного фильтра, импульсная характеристика которого определяется выражением А. $g_{сф}(t) = A \cdot u(t_0 - t)$. В. $g_{сф}(t) = A \cdot u(t)$. С. $g_{сф}(t) = A \cdot u(t_0)$. Д. $g_{сф}(t) = 1 / u(t_0 - t)$. Е. $g_{сф}(t) = t_0 - u(t)$
7.	Для использования в радиоприёмной аппаратуре наиболее эффективным способом квантования является А. равномерное В. Нелинейное С. Логарифмическое Д. Адаптивное

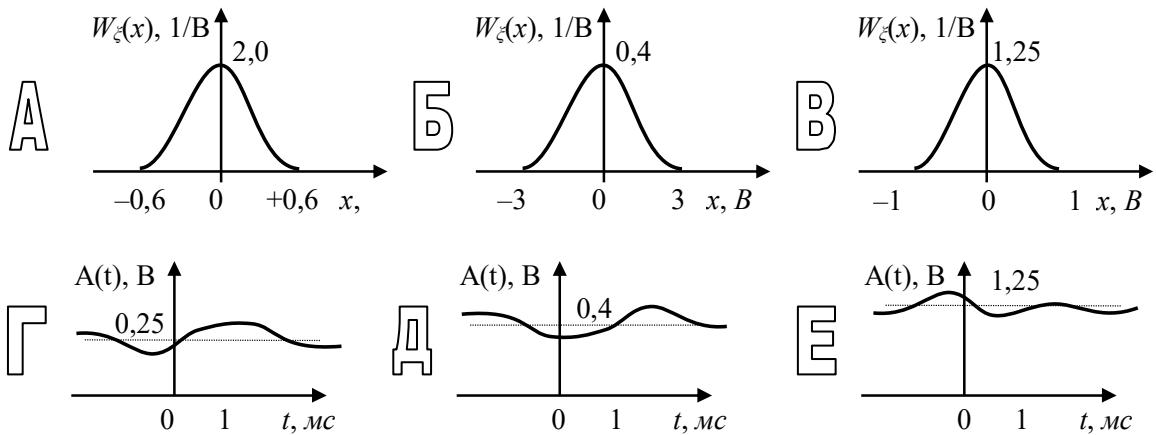
8.	При обнаружении на фоне аддитивного белого шума полностью известного сигнала, характеризуемого комплексной спектральной плотностью $\dot{G}_u(\omega)$, решение следует принимать на основе сравнения в момент времени t_0 с порогом отклика согласованного фильтра, комплексный коэффициент передачи которого определяется выражением А. $\dot{K}_{C\Phi}(\omega) = A \cdot \dot{G}_u(\omega) ^2$. В. $\dot{K}_{C\Phi}(\omega) = A / \dot{G}_u(\omega)$. С. $\dot{K}_{C\Phi}(\omega) = \dot{G}_u(\omega) ^2 \cdot e^{+j\omega t_0}$ Д. $\dot{K}_{C\Phi}(\omega) = A \cdot G_u^*(\omega) \cdot e^{-j\omega t_0}$
9.	Для того, чтобы шумы квантования имели широкий равномерный спектр необходимо, чтобы ... А. Эффективное значение сигнала было, по возможности, наименьшим. В. Эффективное значение сигнала существенно превышало шаг квантования. С. Подлежащий квантованию сигнал не являлся периодическим. Д. Отсчеты квантуемого сигнала были сильно коррелированы между собой.
10.	При использовании логарифмического квантования отношение мощностей сигнала и шума квантования ... А. увеличивается по мере роста интенсивности полезного сигнала. В. уменьшается по мере роста интенсивности полезного сигнала. С. зависит лишь от формы плотности вероятности квантуемого сигнала. Д. не зависит от формы плотности вероятности квантуемого сигнала.
11.	Для набора графиков укажите: А Б В какие из представленных зависимостей не могут служить законами распределения нормального случайного процесса и почему? <u>Правильные ответы:</u> А – не выполняется свойство нормировки; Б – соответствует равномерному распределению.
12.	Для набора графиков укажите: А Б В Какие из представленных зависимостей не могут служить корреляционными функциями случайных процессов и почему? Для графиков, соответствующих возможным корреляционным функциям СП, укажите, как они

	изменяться, если математическое ожидание СП сделать равным минус 1 вольту? <u>Правильные ответы:</u> не являются корреляционными функциями Б – значение при $\tau=0$ меньше по величине, чем соседние (при $\tau \neq 0$); В – нарушает требование положительной определённости. А – корректная корреляционная функция; при $M = -1$ В не изменится.	
13.	Среди представленных на рисунках случайных процессов стационарными являются...  1)  2)  3) А. только первый. В. только второй. С. только третий. Д. первый и второй. Е. второй и третий. Ф. первый и третий.	
14.	Среди представленных на рисунках случайных процессов эргодическими являются...  1)  2)  3) А. только первый. В. только второй. С. только третий. Д. первый и второй. Е. второй и третий. Ф. первый и третий.	
15.	Среди представленных на рисунках случайных процессов нестационарными являются...  1)  2)  3) А. только первый. В. только второй. С. только третий. Д. первый и второй. Е. второй и третий. Ф. первый и третий.	
16.	При воздействии нормального случайного процесса $\xi(t)$ на нелинейный преобразователь с представленной на рисунке справа характеристикой процесс $\eta(t)$ на выходе преобразователя будет обладать А. Равномерным законом распределения. В. Релеевским законом распределения. С. Плотностью вероятности, имеющей вид $\rightarrow$ Д. Экспоненциальным законом распределения.	 

17.	Среди представленных на рисунках корреляционных функций случайных процессов белому шуму соответствует...  1) $0 \quad \tau, \text{ мкс}$  2) $0 \quad \tau, \text{ мс}$  3) $0 \quad \tau, \text{ мс}$ А. только первая. В. только вторая. С. только третья. Д. первая и вторая. Е. вторая и третья. Ф. первая и третья.
18.	Построить график импульсной характеристики фильтра, согласованного с сигналом $s(t) = k \cdot t$, $0 \leq t \leq T_c$. <u>Правильный ответ:</u> 
19.	Найти огибающую, мгновенную фазу и мгновенную частоту колебания $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega_0 t) - 0,5 \cdot \beta \cdot U_m \cdot \cos((\omega_0 + \Omega)t) + 0,5 \cdot \beta \cdot U_m \cdot \cos((\omega_0 - \Omega)t)$. <u>Прав. ответы:</u> $U(t) = U_m$; $\varphi(t) = \omega_0 t - \beta \cdot \sin(\Omega t)$; $\omega(t) = \omega_0 - \beta \cdot \Omega \cdot \cos(\Omega t)$.
20.	Для сигналов с амплитудно-фазовой модуляцией $s_1(t) = S_0 \cdot \cos(\omega_0 t)$, $s_2(t) = S_0 \cdot \cos(\omega_0 t + 2\pi/3)$, $s_3(t) = S_0 \cdot \cos(\omega_0 t + 4\pi/3)$, $s_4(t) = 0$ изобразить ансамбль в виде точек на плоскости и определить расстояния между сигналами. <u>Правильный ответ:</u> 
21.	Для набора графиков укажите: А  Б  В  Г  Д  Е  есть ли среди представленных на рисунках «Г»-«Е» импульсные характеристики реализуемых фильтров, согласованных с сигналами с рисунков «А»-«В»? Для пар сигнал/согласованный фильтр определите, какое отношение сигнал-шум будет обеспечиваться при обнаружении на фоне шума с СПМ $N_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ (В}^2/\text{Гц)}$? <u>Правильные ответы:</u> для «А» и «Б» пар не имеется; для «В» парными являются импульсные характеристики «Г» и «Д». И для варианта «Г», и для варианта «Д» обеспечиваемое отношение сигнал-шум будет равно $q = 3$.

22.

Для набора графиков укажите:

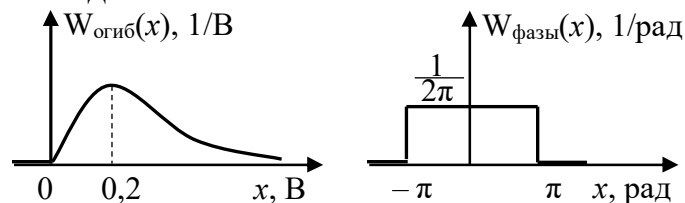


есть ли среди представленных на рисунках «Г»-«Е» графики такие, которые могут служить осциллограммами огибающих шумовых СП, с законами распределения с рисунков «А»-«В»?

Для шума, закон распределения которого показан на рисунке «А», нарисуйте приближенно закон распределения огибающей и закон распределения фазы?

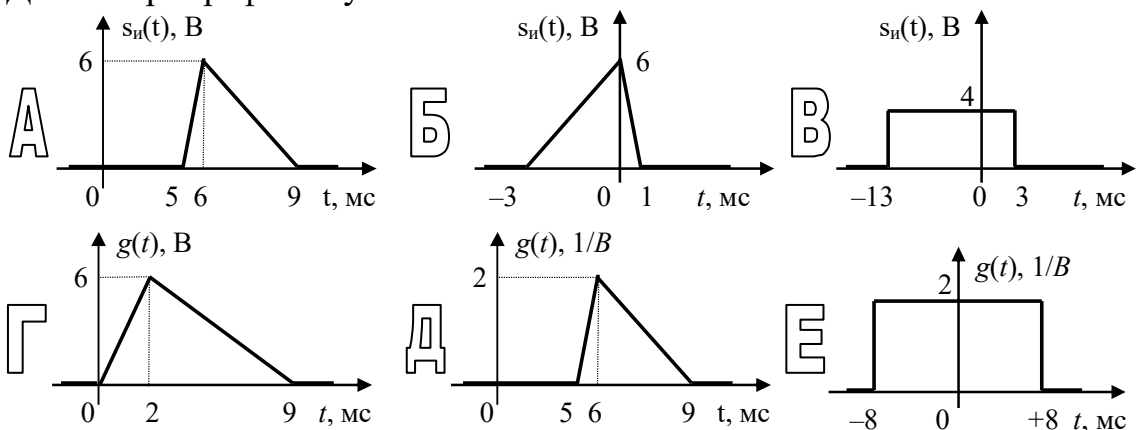
Правильные ответы: парами являются «А» и «Г», «Б» и «Е», «В» и «Д».

Для шума «А» распределение огибающей является релеевским с $\sigma = 0,2$ В, а распределение фазы – равномерным. Соответствующие плотности вероятности имеют вид:



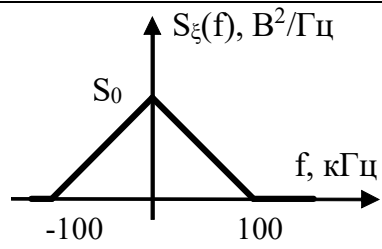
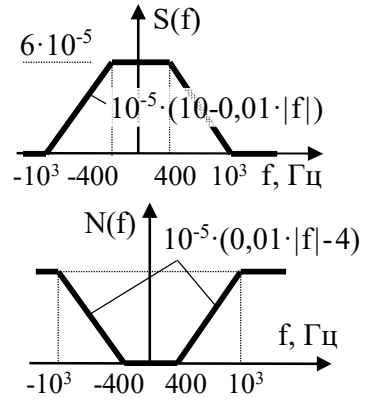
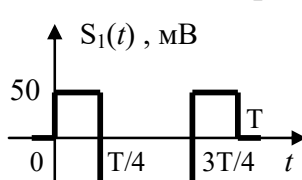
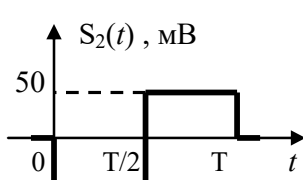
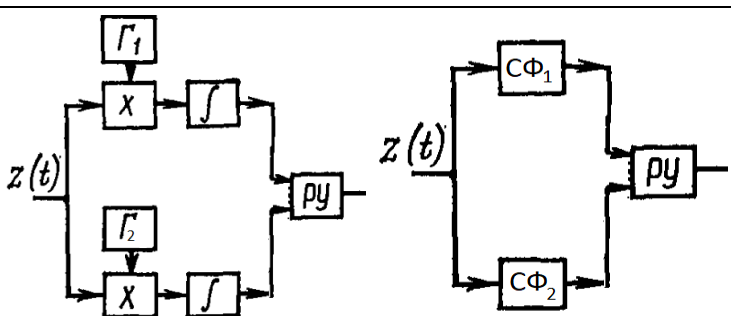
23.

Для набора графиков укажите:



есть ли среди представленных на рисунках «Г»-«Е» импульсные характеристики реализуемых фильтров, согласованных с сигналами с рисунков «А»-«В»?

Если организовать согласованную фильтрацию сигналов «А»-«В», то для какого (каких) сигналов отношение сигнал-шум q будет наибольшим, а для каких – наименьшим?

	<u>Правильные ответы:</u> единственная пара «Б» и «Д», т.к. на рис. «Е» представлена импульсная характеристика нереализуемого фильтра, а фильтр с импульсной характеристикой «Г» не является согласованным ни с одним из показанных выше сигналов. Если, всё же, организовать согласованную фильтрацию для всех сигналов «А»-«В», то отношение сигнал-шум q для сигналов «А» и «Б» будет одинаковым, т.к. эти сигналы характеризуются одинаковой энергией, а для сигнала «В» q будет наибольшим, т.к. этот сигнал имеет наибольшую энергию среди всех сопоставляемых вариантов.	
24.	Случайный процесс со спектральной плотностью мощности $S_{\xi}(f)$, воздействует на идеальный фильтр нижних частот (ИФНЧ) с граничной частотой полосы пропускания $f_c = 40$ кГц. Определите коэффициент передачи в полосе пропускания ИФНЧ, если известно, что эффективные значения процессов, наблюдаемых на входе и выходе фильтра, одинаковы.	 <u>Правильный ответ:</u> $K_0 = 1,25$.
25.	Определите комплексный коэффициент передачи линейного фильтра, обеспечивающего наименьшую среднеквадратическую ошибку фильтрации полезного сигнала со спектральной плотностью мощности (СПМ) $S(f)$ на фоне помехи с СПМ $N(f)$. <u>Правильный ответ:</u> Наименьшую среднеквадратическую ошибку фильтрации обеспечит фильтр Колмогорова-Винера с комплексным коэффициентом передачи $\dot{K}_{KB}(f) = \begin{cases} 1, & f \leq 400, \\ (10 - 0,01 \cdot f) / 6, & 400 < f < 10^3 \\ 0, & f > 10^3 \end{cases}$	
26.	Предложите структурную схему приёмника, обеспечивающего минимальную вероятность ошибки при приёме сигналов  	
	<u>Варианты правильных ответов:</u>	

27.	Определите минимально возможную вероятность ошибки при приёме показанных ниже сигналов при длительности интервала $T = 0,1$ мс, если эти сигналы наблюдаются на фоне белого шума с интенсивностью (односторонней спектральной плотностью мощности), равной $N_0 = 2,15 \cdot 10^{-8}$ В²/Гц. <u>Правильный ответ:</u> $p\{1 2\} = P\{2 1\} \approx 2\%$.
28.	Определите минимально возможную вероятность ошибки при приёме сигналов с относительной фазовой манипуляцией (ОФМ) $s_1(t) = 60 \cdot \sin(2\pi f_{14}t + \psi)$ и $s_2(t) = -60 \cdot \sin(2\pi f_{14}t + \psi)$, мВ, если эти сигналы имеют длительность $T = 0,1$ мс, наблюдаются на фоне белого шума с интенсивностью (односторонней спектральной плотностью мощности), равной $N_0 = 4 \cdot 10^{-8}$ В²/Гц. <u>Правильный ответ:</u> $p\{1 2\} = P\{2 1\} \approx 0,26\%$.
29.	Сигнал $s(t) = \cos(4\pi 10^4 t - \pi/4) + \sin(3,2\pi 10^4 t)$ необходимо представить последовательностью отсчетов мгновенных значений. Для восстановления будет использован идеальный полосовой фильтр (ИПФ) с граничными частотами полосы пропускания 15...24 кГц. Укажите диапазон допустимых частот дискретизации, обеспечивающих восстановление сигналов с пренебрежимо малой погрешностью, а если это невозможно, то поясните почему? <u>Правильные ответы:</u> $14,8 < F_d < 15,5$ кГц или $22 < F_d < 31$ кГц или $F_d > 44$ кГц.
30.	Сообщения источника информации с производительностью $H_t = 40$ кбит/с необходимо передать по каналу связи с аддитивным шумом при отношении сигнал-шум на приёмной стороне 14,3 дБ. При какой минимальной полосе пропускания при оптимальном кодировании можно рассчитывать на безошибочную передачу информации? Какова ожидаемая вероятность возникновения ошибки на выходе канала связи с пропускной способностью 44 кбит/с, если сообщение кодировать цепочками из 10 символов длительностью $\tau = 24$ мкс? <u>Правильные ответы:</u> $F_M \approx 8,5$ кГц и $p_{\text{ош}} \approx 10^{-3}$.