



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)
«ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ РАДИОТЕХНИКИ»

основной профессиональной образовательной программы специалитета
по специальности

**25.05.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО
РАДИООБОРУДОВАНИЯ**

Специализации программы
**«Техническая эксплуатация и ремонт радиоборудования промышленного флота»
«Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте
и их информационная защита»**

ИНСТИТУТ
РАЗРАБОТЧИК

Морской
кафедра судовых радиотехнических систем

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Результаты освоения дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями

Код и наименование компетенции	Результаты обучения, соотнесенные с компетенциями
ПК-7: Способен осуществлять проведение научно-исследовательских работ по разработке инновационных радиоэлектронных средств различного назначения	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – классификацию случайных процессов и их примеры из области радиотехники; – числовые характеристики случайных процессов и способы их расчета; – вероятностные характеристики случайных процессов; – корреляционные и спектральные характеристики случайных процессов, соответствие между ними и способы их экспериментального измерения; – методы анализа характеристик случайных процессов на выходах линейных и нелинейных радиотехнических цепей. <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – определять статистические, корреляционные и спектральные характеристики типовых случайных процессов; – анализировать изменение характеристик случайных процессов при их прохождении через линейные и нелинейные цепи. <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками создания моделей случайных процессов, и проведения модельных исследований прохождения случайных процессов через радиотехнические цепи и измерения их характеристик в среде MathCAD.

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типа с ключами правильных ответов;
- задания по контрольной работе.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой, которая выставляется по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

При необходимости для проведения промежуточной аттестации могут быть использованы тестовые задания закрытого и открытого типов.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

1.4 Оценивание тестовых заданий закрытого типа осуществляется по системе зачтено/не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – менее 40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» – менее 40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» – от 41 до 60 % правильных ответов; оценка «хорошо» – от 61 до 80% правильных ответов; оценка «отлично» – от 81 до 100 % правильных ответов).

Тестовые задания открытого типа оцениваются по системе «зачтено/не зачтено». Оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Компетенция ПК-7: Способен осуществлять проведение научно-исследовательских работ по разработке инновационных радиоэлектронных средств различного назначения

Тестовые задания закрытого типа:

1. Функция распределения вероятностей $F(x, t)$ должна отвечать следующим свойствам

a. $F(x, t) \geq 0, \forall x, \forall t$

б. $F(-\infty, t) = -1, \forall t$

в. $F(\infty, t) = 0, \forall t$

г. $F(\infty, t) = 1, \forall t$

д. $F(-\infty, t) = 0, \forall t$

2. Выражение, определяющее закон Релея распределения случайной величины, имеет вид ...

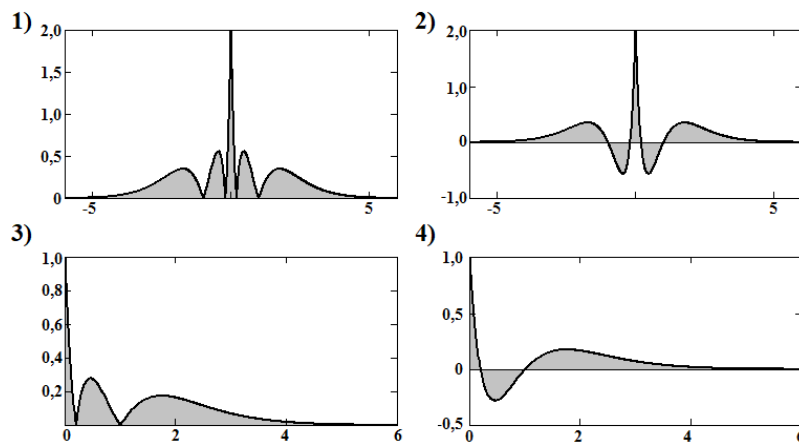
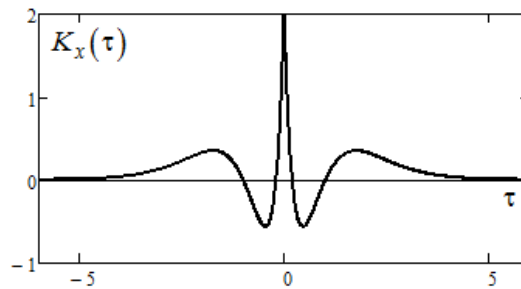
а. $W(x) = 2xe^{-x^2}, x \geq 0$

б. $W(x) = 2e^{-4|x|}$

в. $W(x) = \begin{cases} 1/2\pi, & x \in [0, 2\pi] \\ 0, & x \notin [0, 2\pi] \end{cases}$

г. $W(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2}$

3. Верный способ графического определения времени корреляции для случайного процесса с заданной корреляционной функцией представлен на рисунке ...



- а. 1
- б. 2
- в. 3
- г. 4

4. Эффективная ширина энергетического спектра шума определяется выражением ...

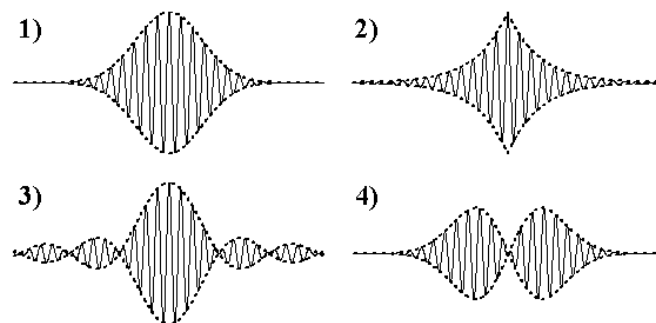
а. $\Delta\omega_{\text{эфф}} = \frac{1}{S_{\text{max}}} \int_0^{\infty} S_x(\omega) d\omega$

$$\text{б. } \Delta\omega_{\text{эфф}} = \frac{1}{S_{\max}} \int_{-\infty}^{\infty} S_x(\omega) d\omega$$

$$\text{в. } \Delta\omega_{\text{эфф}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} S_x(\omega) d\omega$$

$$\text{г. } \Delta\omega_{\text{эфф}} = \frac{1}{\Omega} \int_0^{\Omega} S_x(\omega) d\omega$$

5. Корреляционная функция $K_x(\tau)$ узкополосного случайного процесса на выходе идеального полосового фильтра имеет вид, приведенный на рисунке ...



- а. 1
- б. 2
- в. 3**
- г. 4

6. Выражение, определяющее представление узкополосного случайного процесса $x(t)$ через его огибающую $V(t)$ и начальную фазу $\theta(t)$, имеет вид ...

а. $x(t) = V(t) \cdot \cos(\theta(t))$

б. $x(t) = V(t) \cdot \cos(\omega_0 t + \theta(t))$

в. $x(t) = V(t) \cdot e^{j\theta(t)}$

г. $x(t) = V(t) \cdot e^{j(\omega_0 t + \theta(t))}$

7. Выражение, определяющее сопряженный по Гильберту случайный процесс $\tilde{x}(t)$ по отношению к заданному случайному процессу $x(t) = A_c(t) \cdot \cos(\omega_0 t) - A_s(t) \cdot \sin(\omega_0 t)$, имеет вид ...

а. $\tilde{x}(t) = A_c(t) \cdot \cos(\omega_0 t) + A_s(t) \cdot \sin(\omega_0 t)$

б. $\tilde{x}(t) = A_c(t) \cdot \sin(\omega_0 t) + A_s(t) \cdot \cos(\omega_0 t)$

в. $\tilde{x}(t) = -A_c(t) \cdot \cos(\omega_0 t) - A_s(t) \cdot \sin(\omega_0 t)$

г. $\tilde{x}(t) = -A_c(t) \cdot \sin(\omega_0 t) - A_s(t) \cdot \cos(\omega_0 t)$

8. Выражение, определяющее статистическую независимость узкополосного случайного процесса $x(t)$ и сопряженного по Гильберту случайного процесса $\tilde{x}(t)$, имеет вид ...

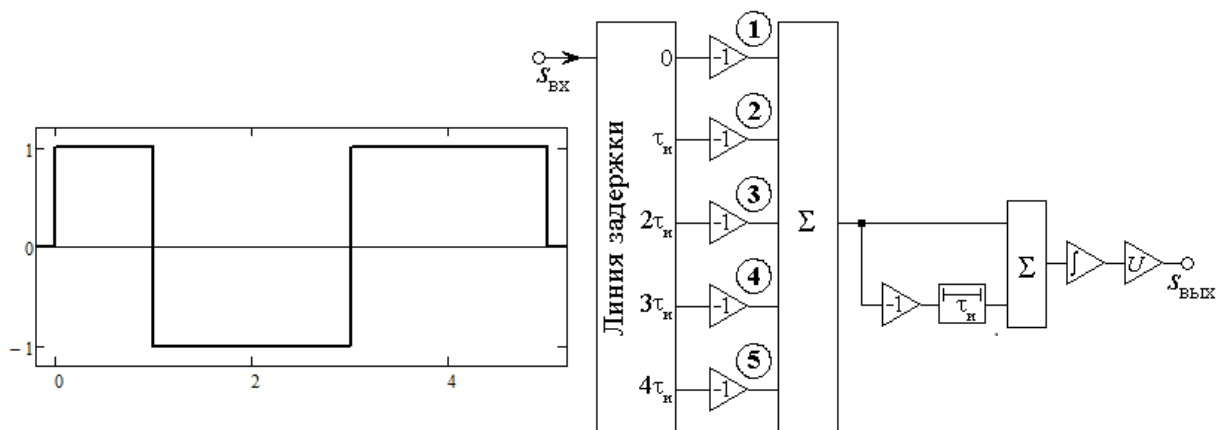
а. $K_{\tilde{x}}(\tau) = K_x(\tau)$

б. $K_{\tilde{x}}(\tau) = -K_x(\tau)$

в. $K_{x\tilde{x}}(\tau) = K_{\tilde{x}x}(\tau)$

г. $K_{x\tilde{x}}(0) = 0$

9. Для заданного импульсного сигнала в схеме согласованного фильтра инверторы следует оставить только в ветвях на выходе линии задержки под номерами...



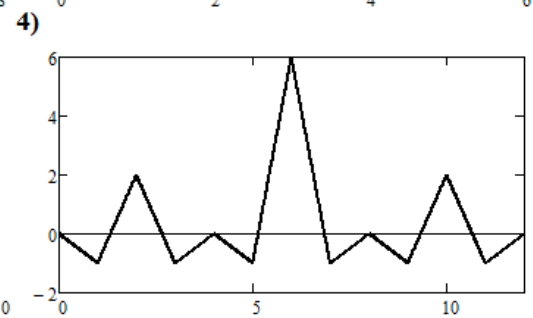
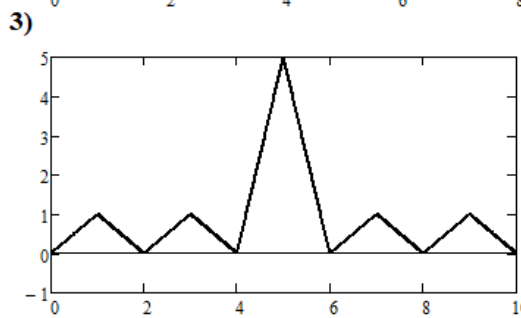
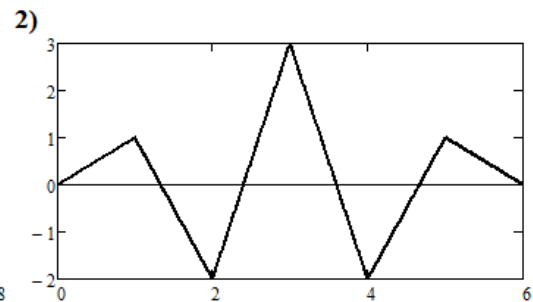
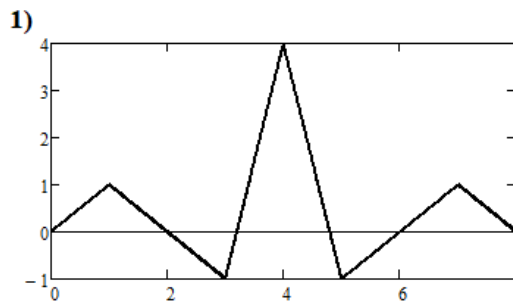
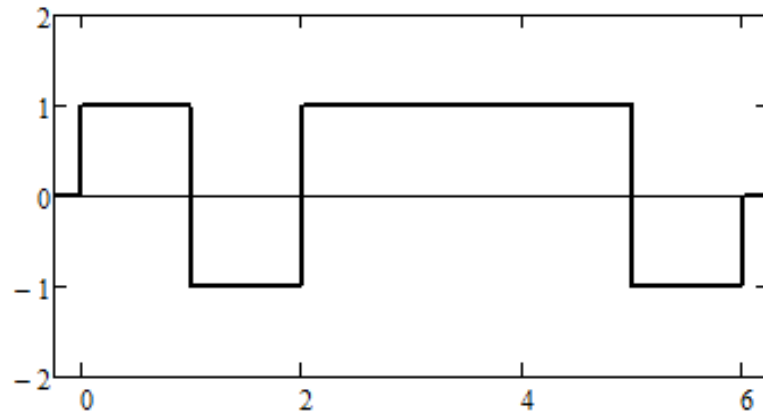
а. 1, 2, 5

б. 3, 4

в. 2, 3

г. 1, 4, 5

10. Форма сигнала на выходе фильтра, согласованного с заданным импульсным сигналом, имеет следующий вид



- а. 1
- б. 2
- в. 3
- г. 4

Тестовые задания открытого типа:

11. Математическое ожидание случайного напряжения представляет собой его ...

Ответ: постоянную составляющую

12. Дисперсия случайного напряжения представляет собой ...

Ответ: мощность его переменной составляющей

13. Математическое ожидание и дисперсия стационарного случайного процесса являются _____ величинами

Ответ: постоянными

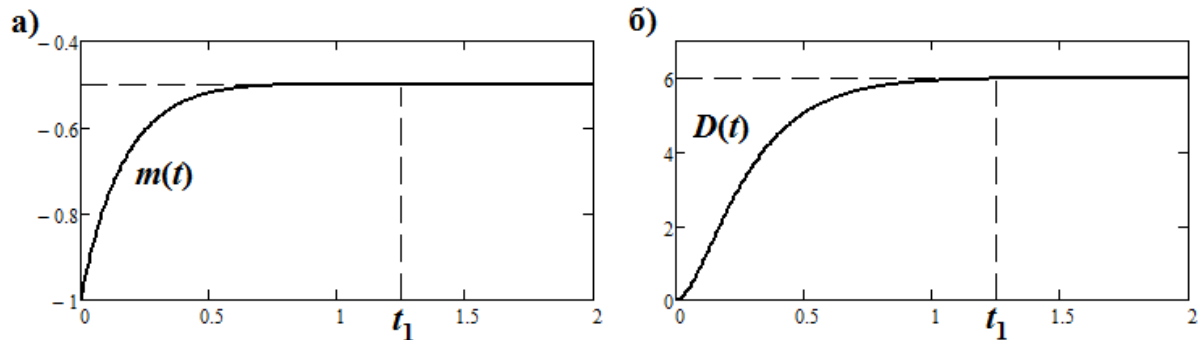
14. Среднее квадратическое отклонение по отношению к дисперсии случайного процесса является ...

Ответ: корнем квадратным

15. Стационарный случайный процесс является _____, если результат усреднения по ансамблю реализаций совпадает с результатом усреднения по времени для одной бесконечной реализации

Ответ: эргодическим

16. В соответствии с приведенными графиками математического ожидания и дисперсии на интервале времени от 0 до t_1 можно заключить, что случайный процесс является ...



Ответ: непрерывным и нестационарным

17. Математическое ожидание и дисперсия гауссова случайного процесса с заданной плотностью распределения вероятностей равны...

$$W(x) = \frac{1}{\sqrt{7\pi}} e^{-\frac{(x-2)^2}{7}}$$

Ответ: 2 и 3,5

18. Нормировочный множитель «А» для равномерно распределенного случайного процесса с заданной плотностью распределения вероятностей равен...

$$W(x) = \begin{cases} A, & x \in [-1, 2] \\ 0, & x \notin [-1, 2] \end{cases}$$

Ответ: 1/3

19. Два отсчета случайной величины $x(t_1)$ и $x(t_2)$ являются статистически независимыми, если корреляционная функция для данных сечений случайного процесса равна нулю

Ответ: 0

20. Для заданной функции корреляции дисперсия случайного процесса равна...

$$K_x(\tau) = 8(3 - 2|\tau|^2)e^{-2|\tau|^2}$$

Ответ: 24

21. Корреляционная функция стационарного случайного процесса отвечает трем свойствам ...

Ответ: четная, максимальна в ноле, спадает до нуля с ростом временного сдвига

22. Коэффициент корреляции определяется как отношение ...

Ответ: корреляционной функции случайного процесса к его дисперсии

23. Коэффициент корреляции случайного процесса определяет ...

Ответ: меру статистической связи значений случайного процесса в различные моменты времени

24. Преимущество последовательного способа измерения спектральной плотности средней мощности перед параллельным способом состоит в ...

Ответ: простоте реализации

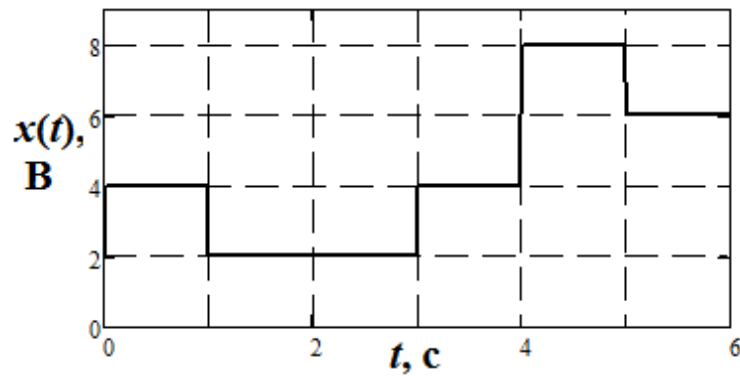
25. Преимущество параллельного способа измерения корреляционной функции перед последовательным способом состоит в ...

Ответ: большей скорости

26. Нормально распределенный случайный процесс с равномерной спектральной плотностью средней мощности во всем диапазоне частот и нулевым математическим ожиданием называется...

Ответ: белым шумом

27. Средняя мощность шума квантования для квантованного сигнала $x(t)$ равна ___ В²



Ответ: 1/3

28. Под узкополосным понимают случайный процесс, ширина энергетического спектра которого много меньше ...

Ответ: центральной частоты его энергетического спектра

29. Корреляционная функция случайного процесса и его энергетический спектр связаны преобразованиями ...

Ответ: Винера-Хинчина / Фурье

30. Математические ожидания низкочастотных квадратур узкополосного шума одинаковы и равны _____

Ответ: нулю

31. Дисперсии низкочастотных квадратур узкополосного шума одинаковые и равны ...

Ответ: дисперсии самого шума

32. Низкочастотные квадратуры узкополосного шума имеют _____ закон распределения

Ответ: нормальный

33. Огибающая узкополосного шума имеет следующий закон распределения

Ответ: закон Релея

34. Начальная фаза узкополосного шума имеет следующий закон распределения

Ответ: равномерный закон

35. Значения случайной величины на входе узкополосной цепи равномерно распределены в интервале $[0,1]$. Случайная величина на выходе цепи будет иметь следующий закон распределения

Ответ: нормальный закон

36. Задача согласованной фильтрации состоит в обнаружении ...

Ответ: сигнала заданной формы на фоне аддитивного шума

37. При построении согласованного фильтра момент времени для принятия решения о поступлении сигнала на вход фильтра выбирают равным ...

Ответ: длительности сигнала

38. Сигнал на выходе согласованного фильтра совпадает по форме с ...

Ответ: корреляционной функцией входного сигнала

39. Максимальное значение отношения сигнал/шум по мощности на выходе согласованного фильтра при поступлении на его вход аддитивной смеси биполярной последовательности из 4 импульсов амплитудой 5 В и длительностью 100 мкс и белого шума с равномерной спектральной плотностью средней мощности 10^{-4} В²·с равно _____

Ответ: 100

40. Форма сигнала на выходе фильтра, согласованного с одиночным прямоугольным импульсом, имеет _____ вид

Ответ: треугольный

Таблица 3 – Использование тестовых заданий для текущего контроля успеваемости

Элементы (разделы дисциплины, темы лабораторных работ, практических занятий и пр.), подлежащие контролю	Номера вопросов закрытого типа	Номера вопросов открытого типа
Вероятностные и энергетические характеристики случайных процессов	1-4	11-27
Узкополосные случайные процессы	5-8	28-34
Воздействие случайных сигналов на радиотехнические цепи	–	35
Согласованная фильтрация сигналов	9-10	36-40

3 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ, РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ

3.1. Типовые задания на контрольную работу

Контрольная работа состоит из 6 индивидуальных взаимосвязанных заданий, выполняемых с использованием среды MathCAD:

1. Моделирование нормально распределенной случайной величины с заданными числовыми характеристиками.
2. Моделирование узкополосного нормального случайного процесса с заданными формой и эффективной шириной энергетического спектра.
3. Проверка гипотезы о нормальном распределении узкополосного случайного процесса.
4. Исследование корреляционных свойств узкополосного случайного процесса.
5. Формирование квадратур узкополосного случайного процесса и проверка их характеристик.
6. Формирование огибающей и начальной фазы узкополосного случайного процесса и проверка их характеристик.

Задание №1

Используя встроенную функцию среды MathCAD $rnorm()$, сгенерируйте псевдослучайную последовательность с нормальным распределением при следующих значениях исходных данных:

- длина последовательности $N = 2^{16}$;
- математическое ожидание $m = 0$;
- дисперсия D в соответствии с вариантом.

Рассчитайте значение математического ожидания и дисперсии и сравните полученные значения с исходными данными. При выполнении расчетов используйте встроенные функции среды MathCAD $mean()$ и $var()$.

Постройте временную реализацию сформированной псевдослучайной последовательности на временном интервале от 0 до $5000 \cdot \Delta t$, выбрав шаг дискретизации по времени в соответствии с вариантом.

Задание №2

Смоделируйте процесс прохождения широкополосного гауссова шума через линейную частотно-избирательную цепь в рамках спектрального метода. В качестве широкополосного шума используйте сформированную в первом задании псевдослучайную последовательность.

Для перехода от временной реализации к комплексному спектру используйте встроенную функцию среды MathCAD $FFT()$.

Постройте график амплитудного спектра широкополосного шума, отложив по оси абсцисс значения отсчетов циклической частоты:

$$f_k = k \cdot \Delta F ,$$

где $\Delta F = \frac{1}{N \cdot \Delta t}$ – шаг дискретизации по частоте.

Для задания границ изменения номера отсчета частоты k используйте встроенную функцию среды MathCAD $last()$.

В дальнейшем рациональней вместо отсчетов частоты использовать только их номера, изменяющиеся в диапазоне от 0 до L , где L – последний номер отсчета частоты, определяемый функцией $last()$.

При задании частотных свойств линейной радиотехнической цепи используйте комплексный коэффициент передачи одного из трех типов в зависимости от варианта:

- тип №1 (идеальный полосовой фильтр)
- тип №2 (гауссов полосовой фильтр)
- тип №3 (резонансный усилитель)

В выражения для комплексных коэффициентов передачи данных устройств входят центральная частота полосы пропускания f_0 , полуширина полосы пропускания Δf и максимальное значение коэффициента передачи T_0 .

Выражения для коэффициентов передачи линейных радиотехнических цепей с учетом введенных относительных единиц имеют вид:

- тип №1 (идеальный полосовой фильтр)

$$T_k = \begin{cases} T_0 \cdot e^{-i \cdot \frac{k-L_0}{\Delta} \cdot \frac{\pi}{4}}, & \text{если } |k - L_0| \leq \Delta \\ 0, & \text{если } |k - L_0| > \Delta \end{cases}$$

- тип №2 (гауссов полосовой фильтр)

$$T_k = T_0 \cdot e^{-\left(\frac{k-L_0}{\Delta}\right)^2 \cdot \ln(\sqrt{2})} \cdot e^{-i \cdot \frac{k-L_0}{\Delta} \cdot \frac{\pi}{4}},$$

- тип №3 (резонансный усилитель)

$$T_k = \frac{-T_0}{1 + i \cdot \frac{k - L_0}{\Delta}}.$$

Сформируйте отсчеты комплексного спектра шумового процесса на выходе линейной радиотехнической цепи, используя отсчеты комплексного спектра входного шума и отсчеты

коэффициента передачи. Постройте график амплитудного спектра широкополосного шума, отложив по оси абсцисс значения отсчетов циклической частоты. Для наглядности ограничьте область построения интервалом $[f_{L0-5\Delta}, f_{L0+5\Delta}]$. Убедитесь, что спектр случайного процесса действительно ограничен заданной полосой частот.

Для перехода от комплексного спектра к временной реализации узкополосного случайного процесса воспользуйтесь встроенной функцией среды MathCAD $IFFT()$. Постройте временную реализацию узкополосного случайного процесса на временном интервале от 0 до $5000 \cdot \Delta t$. Убедитесь в наличии огибающей, которая должна изменяться значительно медленнее, чем высокочастотное заполнение.

Задание №3

Для проверки гипотезы о нормальном распределении случайного процесса воспользуйтесь критерием Пирсона. С этой целью постройте гистограмму распределения, используя 30 интервалов разбиения. Для сравнения на том же рисунке отобразите теоретический закон распределения:

$$W(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(z-m)^2}{2 \cdot \sigma^2}},$$

где m и σ^2 – математическое ожидание и дисперсия узкополосного случайного процесса, которые могут быть определены с использованием встроенных функций среды MathCAD $mean()$ и $var()$.

Сравните рассчитанное значение дисперсии σ^2 со значением

$$D \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta}{L}},$$

и сделайте вывод о взаимосвязи дисперсии случайного процесса с шириной занимаемой им полосы частот.

Для проверки выполнения критерия Пирсона рассчитайте наблюдаемое $\chi_{_nab}$ и критическое $\chi_{_cr}$ значения критерия. Для вычисления наблюдаемого значения критерия используйте доверительную вероятность 0,95 и число степеней свободы $M - 3$, где $M = 30$ – число интервалов разбиения. Вычисление проведите с использованием встроенной функции среды MathCAD $qchisq()$. Если выполняется условие $\chi_{_nab} < \chi_{_cr}$, то гипотезу о нормальном распределении следует принять, а если $\chi_{_nab} > \chi_{_cr}$, то гипотеза должна быть отвергнута. Однако такое расхождение может быть вызвано влиянием «хвостов» гистограммы распределения и следует уточнить значение наблюдаемого критерия $\chi_{_nab}$ и повторно провести сравнение.

Задание №4

Исследуйте корреляционные свойства сформированного узкополосного случайного процесса. С этой целью рассчитайте отсчеты корреляционной функции:

$$K_{Znb_n} := \frac{2}{N} \cdot \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} \left[(Znb_j - m) \cdot (Znb_{j+n} - m) \right].$$

Поскольку за интервал времени, равный удвоенному времени корреляции, данная функция затухает практически до нуля, то расчеты и построение графических зависимостей следует проводить для ограниченного временного интервала величиной $3L/\Delta$.

Определите максимальное значение корреляционной функции, используя встроенную функцию среды MathCAD $\max(\)$, и сравните данное значение с вычисленной ранее дисперсией узкополосного случайного процесса σ^2 .

Для визуальной оценки правильности проведенных вычислений рассчитайте значения огибающей корреляционной функции в соответствии с теоретическими законами вида:

– тип №1 (идеальный полосовой фильтр)

$$B_n = \sigma^2 \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot n \cdot \Delta}{L}\right)}{\frac{\pi \cdot n \cdot \Delta}{L}},$$

– тип №2 (гауссов полосовой фильтр)

$$B_n = \sigma^2 \cdot e^{-\left(\frac{\pi \cdot n \cdot \Delta}{2 \cdot L \cdot \ln(2)}\right)^2 \cdot \ln(2)},$$

– тип №3 (резонансный усилитель)

$$B_n = \sigma^2 \cdot e^{-\frac{\pi \cdot n \cdot \Delta}{L}}.$$

Постройте график корреляционной функции и ее теоретической огибающей на одних координатных осях, четным образом отобразив их на область отрицательных значений времени запаздывания. По оси абсцисс отложите значения времени запаздывания $n \cdot \Delta t$. Убедитесь, что отсчеты B_n действительно описывают огибающую корреляционной функции узкополосного случайного процесса.

Задание №5

С целью формирования и исследования низкочастотных квадратур узкополосного случайного процесса проведите усреднение энергетического спектра узкополосного случайного процесса и рассчитайте точное значение центральной частоты.

Для усреднения энергетического спектра воспользуйтесь процедурой вида:


```

S :=
for k ∈ 0.. $\frac{N}{2}-1$ 
    S1k ← 0
for n ∈ 0..99
    Z ← rnorm(N, 0,  $\sqrt{D}$ )
    S ← FFT(Z)
    for k ∈ 0..last(S)
        S1k ← S1k +  $\frac{1}{100} \cdot (|S_k|)^2 \cdot (|T_k|)^2$ 
S1
    
```

В данной процедуре первоначально в ячейки вектор-столбца $S1$ записываются нули, а с каждым новым шагом добавляется взвешенное значение энергетического спектра случайного процесса на выходе узкополосной цепи. Случайность реализаций обеспечивается формированием случайного процесса Z в цикле. К окончанию 100-го шага формируется усредненный по 100 реализациям энергетический спектр.

Постройте усредненный энергетический спектр узкополосного случайного процесса и квадрат модуля коэффициента передачи в одних осях. По оси абсцисс отложите отсчеты циклической частоты. Убедитесь, что усредненный энергетический спектр повторяет форму квадрата АЧХ.

Используя отсчеты усредненного энергетического спектра, рассчитайте значение центральной частоты. При этом ввиду дискретности представления данного спектра следует вместо интегралов использовать конечные суммы:

$$LO = \frac{\sum_{k=0}^{\text{last}(S)} (k \cdot S_k)}{\sum_{k=0}^{\text{last}(S)} S_k}$$

Сравните полученное значение с введенным во втором задании номером отсчета центральной частоты.

Для формирования отсчетов низкочастотных квадратур необходимо рассчитать сопряженный по Гильберту случайный процесс, используя связь между комплексными спектрами самого случайного процесса и ему сопряженного:

$$S_{-Z1_k} = -i \cdot S_{-Z_k},$$

где символ i , как и ранее, обозначает мнимую единицу.

Вычислив таким образом отсчеты комплексного спектра сопряженного случайного процесса перейдите к отсчетам его реализации, используя встроенную функцию среды MathCAD $IFFT()$.

На основе имеющихся отсчетов временных реализаций узкополосного случайного процесса Z_n и ему сопряженного случайного процесса $Z1_n$ сформируйте отсчеты узкополосных квадратур в соответствии с выражениями:

$$A_{c_n} = Z_n \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot L0}{N} \cdot n\right) + Z1_n \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot L0}{N} \cdot n\right)$$

$$A_{s_n} = -Z_n \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot L0}{N} \cdot n\right) + Z1_n \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot L0}{N} \cdot n\right)$$

Постройте временные реализации низкочастотных квадрату на временном интервале от 0 до $5000 \cdot \Delta t$. Убедитесь в медленности их изменения.

По аналогии с заданием №3 построьте гистограммы распределения низкочастотных синфазной и квадратурной составляющих узкополосного случайного процесса. Отобразите в тех же координатных осях теоретические законы распределения, считая квадратуры нормально распределенными. Математические ожидания и дисперсии квадратур вычислите с использованием встроенных функций среды MathCAD $mean()$ и $var()$. Сравните данные параметры между собой и с параметрами узкополосного случайного процесса.

Задание №6

На основе полученных в задании №5 отсчетов низкочастотных квадратур сформируйте отсчеты огибающей и начальной фазы узкополосного случайного процесса:

$$V_n = \sqrt{(A_{c_n})^2 + (A_{s_n})^2}$$

$$\Phi_n = \arg(A_{c_n} + i \cdot A_{s_n})$$

Постройте временные реализации сформированных огибающей и начальной фазы узкополосного случайного процесса на временном интервале от 0 до $5000 \cdot \Delta t$. В одних координатных осях вместе с огибающей построьте временную реализацию самого узкополосного случайного процесса.

По аналогии с заданием №3 построьте гистограммы распределения огибающей и начальной фазы узкополосного случайного процесса. Отобразите в тех же координатных осях теоретические законы распределения:

– закон Релея для огибающей

$$W(v) = \frac{v}{\sigma^2} \cdot e^{-\frac{v^2}{2 \cdot \sigma^2}},$$

– равномерный закон для начальной фазы

$$W(\varphi) = \begin{cases} \frac{1}{2 \cdot \pi}, & \text{если } |\varphi| \leq \pi \\ 0, & \text{если } |\varphi| > \pi \end{cases}$$

Параметр σ в распределении *Релея* выберите, исходя из математического ожидания и дисперсии огибающей:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \text{mean}(V), \quad \sigma_2 = \sqrt{\frac{\text{var}(V)}{2 - \frac{\pi}{2}}}, \quad \sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$$

Оцените математическое ожидание и дисперсию начальной фазы узкополосного случайного процесса, используя встроенные функции среды MathCAD $\text{mean}(\)$ и $\text{var}(\)$. Сравните полученные значения с теоретическими.

Выбор варианта заданий осуществляется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки в соответствии с рекомендациями, изложенными в учебно-методическом пособии:

Коротей, Е.В. Основы статистической радиотехники: учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для курсантов и студентов очной и заочной форм обучения специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования». – Калининград: БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 73 с.

Оценивается наличие решения, правильность выполнения расчетов, качество оформления (логичность и последовательность изложения решения, наличие пояснений к выполняемым математическим действиям, правильность выполнения электрических схем, наглядность приведенных графических результатов расчетов).

Шкала оценивания результатов выполнения контрольной работы основана на двухбалльной системе.

Оценка «**зачтено**» выставляется в случае, если все задания выполнены верно и в полном объеме, при незначительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

Оценка «**незачтено**» выставляется в случае, если часть заданий выполнена неверно, при значительных отступлениях от правил оформления результатов выполнения контрольной работы.

3.2. Типовые задания на расчетно-графическую работу

Данный вид контроля по дисциплине не предусмотрен учебным планом.

3.3. Типовые задания на курсовую работу

Данный вид контроля по дисциплине не предусмотрен учебным планом.

4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Основы статистической радиотехники» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы специалитета по направлению подготовки 25.05.05 – Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования (специализации программы: «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», «Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»).

Преподаватель-разработчик – Е.В. Коротей.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой судовых радиотехнических систем

Заведующий кафедрой _____



Е.В. Волхонская

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией Морского института (протокол № 13 от 21.08.2024 г).

Председатель методической комиссии _____



И.В. Васькина