



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Декан ФРТЭ В.А. Небольсин  
«31» августа 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)  
**«Обработка сигналов на фоне шумов»**

**Направление подготовки (специальность)** 11.04.01 «Радиотехника»  
**Профиль (специализация)** «Радиотехнические средства обработки и защиты информации в каналах связи»  
**Квалификация выпускника** магистр  
**Нормативный период обучения** 2 года  
**Форма обучения** Очная  
**Год начала подготовки** 2018

**Автор(ы) программы** профессор кафедры РТ  /А.Б. Токарев/  
должность и подпись Инициалы, фамилия  
**Заведующий кафедрой**  
радиотехники  /Б.В. Матвеев/  
Инициалы, фамилия  
**Руководитель ОПОП**  /А.В. Останков/  
Инициалы, фамилия

**Воронеж 2018**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Цель преподавания дисциплины – углубление уровня знаний, позволяющих подходить к решению инженерных радиотехнических задач со статистических позиций; приобретение навыков оптимального обнаружения и различения радиосигналов на фоне помех.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Для достижения цели ставятся задачи:

1.2.1. Изучение методов статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем.

1.2.2. Получение навыка использования методов оптимального обнаружения, различения и фильтрации сигналов на фоне помех.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина (модуль) «Обработка сигналов на фоне шумов» относится к дисциплинам вариативной части блока ФТД.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Обработка сигналов на фоне шумов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая пакеты прикладных программ

Код компетенции	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знает специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, методы, применяемые при статистическом моделировании радиотехнических устройств и систем, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели;

	<b>умеет</b> подбирать и оперировать со статистическими моделями радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками, использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем;
	<b>владеет</b> методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Обработка сигналов на фоне шумов» составляет 2 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		1		
<b>Контактная работа по видам занятий (всего)</b>	30	30		
В том числе:				
Лекции		20		
Практические занятия (ПЗ)		-		
Лабораторные работы (ЛР)		10		
<b>Самостоятельная работа</b>	42	42		
Часы на контроль	-	-		
Курсовой проект (работа) (есть, нет)	нет			
Контрольная работа (есть, нет)	нет			
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)		Зачет		
Общая трудоемкость	час	72	72	
	зач. ед.	2	2	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
<b>1 семестр</b>			<b>20</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>42</b>	<b>72</b>
1	Статистическое описание случайных процессов в линейных и нелинейных цепях	Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Классификация случайных процессов. Спектральное и корреляционное описание случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Белый шум и его свойства. Частотный и временной методы анализа характеристик стационарных сигналов после прохождения через линейные цепи. Преобразование случайных процессов в нелинейных безынерционных цепях.	4			12	16
2	Оптимальная линейная фильтрация сигналов. Различение сигналов. Потенциальная помехоустойчивость	Оптимальная фильтрация случайных сигналов с известными спектральными характеристиками. Оптимальная линейная фильтрация сигналов известной формы на фоне белого шума. Согласованный фильтр. Проблема синхронизации при согласованной фильтрации радиосигналов. Квазиоптимальные фильтры. Оптимальное обнаружение сигналов известной формы на фоне помехи с неравномерной спектральной плотностью мощности. Потенциальная помехоустойчивость систем связи и её расчет для ансамблей, состоящих из двух сигналов	8		8	12	28
3	Сигналы, применяемые в радиотехнических системах различного назначения	Корреляционный анализ детерминированных сигналов. Понятие базы ансамбля сигналов. Сложные сигналы. Методы синтеза сложных видеосигналов и радиосигналов. Свойства сложных сигналов.	4			10	14
4	Элементы теории фильтрации сигналов	Оптимальная линейная фильтрация скалярного параметра. Уравнения фильтра Калмана. Фильтр Калмана при оценивании векторных параметров сигналов. Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации.	4		2	8	14
<b>Итого</b>			<b>20</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>42</b>	<b>72</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы
<b>1 семестр</b>	
2-6	Фильтрация сигналов неизвестной формы фильтром Колмогорова-Винера
8-14	Обнаружение и различение сигналов согласованными фильтрами
16-18	Фильтрация скалярного параметра случайного процесса фильтром Калмана

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Учебным планом по дисциплине «Обработка сигналов на фоне шумов» не предусмотрено выполнение курсового проекта (работы).

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знает специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, методы, применяемые при статистическом моделировании радиотехнических устройств и систем, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению в рамках выполнения заданий на практических занятиях	Готовность представить аргументированные рассуждения в области вероятностного описания явлений и процессов, а также применения статистических моделей радиотехнических цепей и сигналов	Неспособность представить аргументированные рассуждения, относящиеся к вероятностному описанию явлений и процессов применяемым на практике статистическим моделям радиотехнических цепей и сигналов

	<p><b>умеет</b> подбирать и оперировать со статистическими моделями радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками, использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем</p>	<p>Решение стандартных практических задач в соответствии с индивидуальным вариантом задания</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p><b>владеет</b> методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех</p>	<p>Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-2	<p><b>знает</b> специфику математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, методы, применяемые при статистическом моделировании радиотехнических устройств и систем, а также соответствующие исследуемым радиотехническим цепям и сигналам</p>	<p>Знание учебного материала и готовность к его изложению на экзамене и применению в рамках выполнения заданий на практических и лабораторных занятиях</p>	<p>Студент демонстрирует полное понимание учебного материала, ярко выраженную способность самостоятельно использовать знания, уме-</p>	<p>Студент демонстрирует понимание большей части учебного материала, способность при незначительной помощи использовать</p>	<p>Студент демонстрирует частичное понимание материала, способность при получении сторонней помощи к выполнению практических и</p>	<p>Студент демонстрирует незначительное понимание материала, непонимание заданий. Попытки самостоятельного решения практи-</p>

	лам статистические модели		ния и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	знания, умения и навыки в процессе выполнения практических и лабораторных занятий, а также при решении практических задач на экзамене	лабораторных занятий. Попытки самостоятельного решения практических задач демонстрируют нестабильность результатов	ческих задач оказываются у него мало-результативными
	<b>умеет</b> подбирать и оперировать со статистическими моделями радиотехнических цепей и сигналов, рассчитывать системы и устройства с оптимальными по разным критериям характеристиками, использовать современные пакеты прикладных программ для расчета и анализа радиотехнических цепей и систем	Умение использовать статистические модели при выполнении практических расчетов, проведении лабораторных работ и на экзамене				
	<b>владеет</b> методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами использования вычислительной техники для анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем, методами оптимизации приема сигналов на фоне помех	Применение методов расчета р/т устройств и систем в рамках практических и лабораторных занятий и на экзамене				

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

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. Фильтр Колмогорова-Винера 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.

3. 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

$$\begin{aligned} \text{А. } K(\omega) &= S(\omega) / N(\omega). & \text{В* } K(\omega) &= \frac{S(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. & \text{С. } K(\omega) &= \frac{N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. \\ \text{D. } K(\omega) &= \frac{S(\omega) \cdot N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. & \text{Е. } K(\omega) &= \frac{S(\omega) + N(\omega)}{S(\omega) \cdot N(\omega)}. \end{aligned}$$

4. 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.

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.



D. за счет строго линейной ФЧХ фильтра и повышения АЧХ для частот, где отношение сигнал-шум велико.

5. 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

$$\begin{aligned} \text{A}^* \quad g_{\text{CF}}(t) &= A \cdot u(t_0 - t). & \text{B.} \quad g_{\text{CF}}(t) &= A \cdot u(t). & \text{C.} \quad g_{\text{CF}}(t) &= A \cdot u(t_0). \\ \text{D.} \quad g_{\text{CF}}(t) &= 1 / u(t_0 - t). & \text{E.} \quad g_{\text{CF}}(t) &= t_0 - u(t) \end{aligned}$$

6. При обнаружении на фоне аддитивного белого шума полностью известного сигнала, характеризуемого комплексной спектральной плотностью  $\mathcal{G}_u(\omega)$ , решение следует принимать на основе сравнения в момент времени  $t_0$  с порогом отклика согласованного фильтра, комплексный коэффициент передачи которого определяется выражением

$$\begin{aligned} \text{A.} \quad K_{\text{CF}}(\omega) &= A \cdot |\mathcal{G}_u(\omega)|^2. & \text{B.} \quad K_{\text{CF}}(\omega) &= A / \mathcal{G}_u(\omega). \\ \text{C.} \quad K_{\text{CF}}(\omega) &= |\mathcal{G}_u(\omega)|^2 \cdot e^{+j\omega t_0} & \text{D}^* \quad K_{\text{CF}}(\omega) &= A \cdot \mathcal{G}_u(\omega) \cdot e^{-j\omega t_0} \end{aligned}$$

7. Форма корреляционной функции шума на выходе согласованного фильтра ...

- A\* определяется автокорреляционной функции сигнала, с которым согласован этот фильтр.
- B. совпадает с формой сигнала, на прием которого настроен этот фильтр.
- C. идентична корреляционной функции белого шума.
- D. имеет форму квадрата сигнала, с которым этот фильтр согласован.

8. Форма отклика согласованного фильтра на воздействие на его вход сигнала, с которым фильтр согласован определяется ...

- A. формой сигнала, на прием которого настроен этот фильтр.
- B. квадратом сигнала, с которым этот фильтр согласован.
- C\* автокорреляционной функции сигнала, с которым согласован этот фильтр.
- D. формой сигнала при условии инвертирования направления оси времени.

9. Потенциальной помехоустойчивостью называется ...

- A. минимально возможная в конкретных условиях вероятность ошибочного приёма символа сообщения.
- B. вероятность правильного приёма сообщения в условиях отсутствия шумов.
- C. способность системы связи передавать данные при наличии помех.
- D\* максимально возможная в конкретных условиях вероятность правильного приёма символа сообщения.

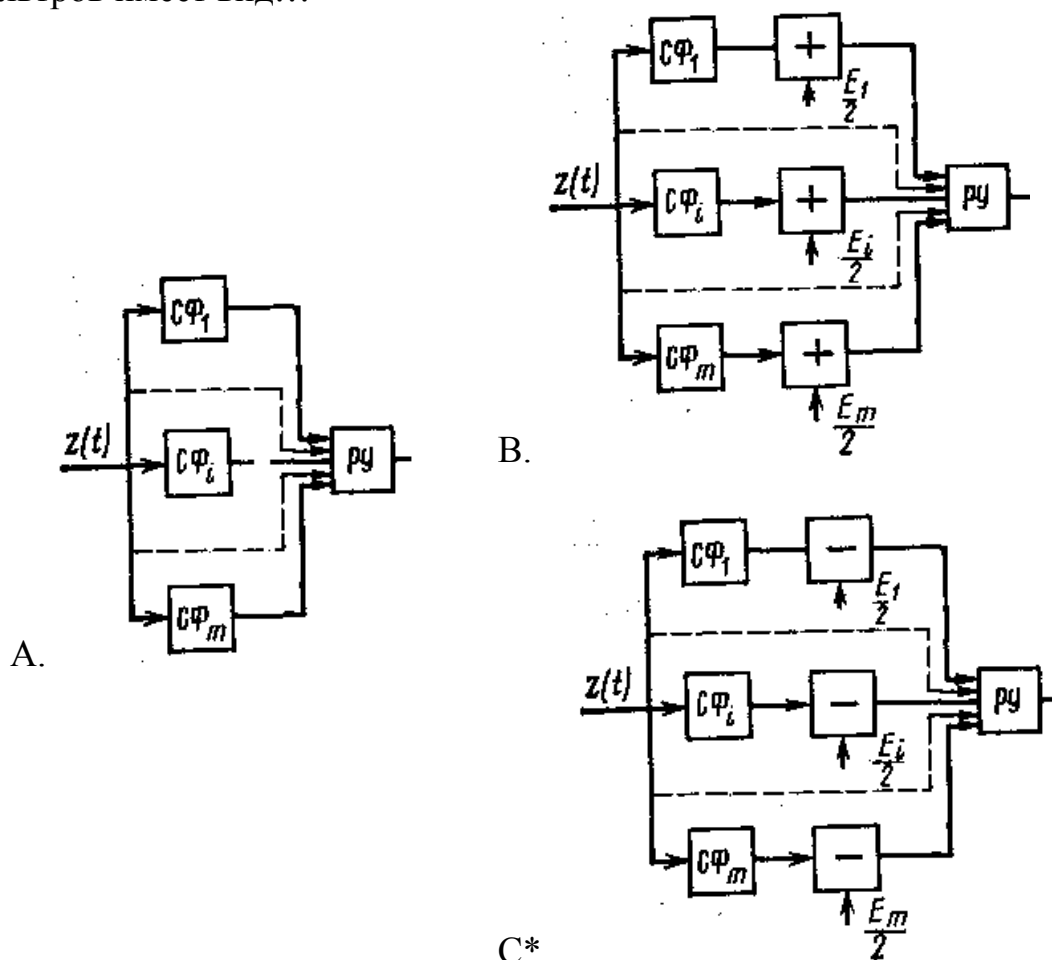
10. Идеальным приемником называется...

- A. радиоприёмник, ориентированный на приём сигналов в условиях отсутствия помех.
- B\* устройство, обеспечивающее максимально возможную в конкретных условиях вероятность правильного приёма символа сообщения
- C. устройство, способное к безошибочному приему сообщений на фоне сколь угодно сильных помех.
- D. радиоприёмник, состоящий из идеально откалиброванных элементов и блоков.

11. В соответствии с критерием идеального наблюдателя качество приема символов сообщения определяется...

- A\* безусловной вероятностью правильного приёма символов сообщения.
- B. только отношением сигнал-шум на входе радиоприёмного устройства.
- C. устройством, способное к безошибочному приему сообщений на фоне сколь угодно сильных помех.
- D. способностью опытного оператора безошибочно настраивать параметры обработки частотной фильтрации помех при приёме сообщений.

12. Схема оптимального демодулятора сигналов на основе согласованных фильтров имеет вид...



13. При передаче двоичного сообщения с использованием противоположных сигналов, характеризуемых одинаковой энергией  $E$  на фоне шума со односторонней спектральной плотностью мощности  $N_0$  вероятность ошибки определяется выражением

$$\begin{aligned}
 & \text{A}^* \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{2E}{N_0}} \right) \right]. \quad \text{B.} \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{N_0}{E}} \right) \right] \quad \text{C.} \quad \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp[ E \cdot N_0 ] \\
 & \text{D.} \quad \frac{N_0}{E + N_0}. \quad \text{E.} \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{E \cdot N_0} \right) \right], \text{ где } \Phi(x) \text{ - функция Крампа.}
 \end{aligned}$$

14. При передаче двоичного сообщения с использованием ортогональных сигналов, характеризуемых одинаковой энергией  $E$  на фоне шума со односторонней спектральной плотностью мощности  $N_0$  вероятность ошибки определяется выражением

$$\begin{aligned}
 & \text{A.} \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{N_0}{2E}} \right) \right]. \quad \text{B}^* \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{E}{N_0}} \right) \right] \quad \text{C.} \quad \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[ \frac{N_0}{E} \right] \\
 & \text{D.} \quad \frac{E}{E + N_0}. \quad \text{E.} \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{E \cdot N_0} \right) \right], \text{ где } \Phi(x) \text{ - функция Крампа.}
 \end{aligned}$$

15. При передаче двоичного сообщения в системе с пассивной паузой ( т.е. в случае, когда один из двух сигналов имеет энергию  $E$ , а другой –  $s_2(t) = 0$  ) при передаче информации на фоне шума со односторонней спектральной плотностью мощности  $N_0$  вероятность ошибки определяется выражением

$$\begin{aligned}
 & \text{A.} \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{E \cdot N_0} \right) \right]. \quad \text{B.} \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{N_0}{E}} \right) \right] \quad \text{C.} \quad \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[ -\frac{N_0}{E} \right] \\
 & \text{D.} \quad \frac{E}{E + N_0}. \quad \text{E}^* \quad 0,5 \cdot \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{E}{2N_0}} \right) \right], \text{ где } \Phi(x) \text{ - функция Крампа.}
 \end{aligned}$$

16. Некогерентный прием сигналов отличается от когерентного...

- A. наличием в системе высокоточной синхронизации.
- B\* включением в каждую ветвь схемы приемника амплитудного детектора для принятия решения по величине огибающей сигнала.
- C. принятием решения в произвольно выбираемый момент времени.
- D. существенным увеличением вероятности правильного приема символов.

17. Сложными называют сигналы...

- A. которые невозможно сгенерировать генератором гармонических колебаний.
- B\* с большой базой, у которых произведение длительности на ширину спектра составляет не менее 10.
- C. обладающие трудно предсказуемой (случайной) формой.
- D. имеющие ширину спектра, существенно превышающую ширину спектра традиционных узкополосных радиотехнических систем.

18. К числу сравнительно просто формируемых сложных сигналов можно отнести М-последовательности, сформировать которую можно с использованием

- A. генератора гармонических колебаний.
- B. усилителя, охваченного петлей положительной обратной связи.
- C\* регистра сдвига, охваченного петлями обратной связи.
- D. аналоговой линии задержки.

### 7.2.2 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Числовые характеристики случайных процессов.
2. Строго стационарные случайные процессы, процессы, стационарные в широком смысле и эргодические случайные процессы. Их основные свойства.
3. Корреляционная функция эргодического СП; ее свойства и методы экспериментального измерения. Понятие интервала корреляции СП.
4. Спектральная плотность мощности эргодического СП. Понятие ширины спектра СП. Связь между спектральной плотностью мощности и корреляционной функцией СП. Белый шум. Его энергетические и корреляционные характеристики.
5. Амплитудное и фазовое детектирование узкополосного нормального эргодического процесса и аддитивной смеси гармонического сигнала и узкополосного нормального СП. Статистические характеристики выходных процессов.
6. Закон распределения, спектральная плотность мощности и корреляционная функция случайного процесса на выходе линейной цепи.
7. Плотность вероятности и числовые характеристики процесса на выходе нелинейной безынерционной цепи.
8. Оптимальное выделение сигналов неизвестной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Коэффициент передачи оптимального фильтра. Минимально достижимая среднеквадратическая ошибка фильтрации сигнала.
9. Согласованный фильтр; импульсная характеристика и комплексный коэффициент передачи согласованного фильтра. Предельно достижимое отношение сигнал /шум на выходе линейной цепи при оптимальном обнаружении сигнала известной формы в условиях действия белого шума (согласованная фильтрация).
10. Оптимальное обнаружение сигналов известной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Оптимальный фильтр и его комплексный коэффициент передачи.
11. Проблема синхронизации при когерентном обнаружении сигнала известной формы. Некогерентное обнаружение сигналов, его достоинства и недостатки.

- Квазиоптимальные фильтры; их достоинства и недостатки в сравнении с согласованными фильтрами.
12. Векторное представление сигнала. Основные характеристики сигнала в функциональном пространстве (расстояние между двумя разными сигналами, угол между векторами этих сигналов, удаление сигнала от начала координат). Функциональное пространство сигналов; размерность пространства. Понятие базы сигнала (ансамбля сигналов).
  13. Простые и сложные сигналы. База простого и сложного сигналов. Преимущества и недостатки сложного сигнала по сравнению с простым. Методы формирования сложных сигналов.
  14. Потенциальная помехоустойчивость при точно известном ансамбле сигналов.
  15. Прием радиосигналов в каналах с замираниями.
  16. Прием сигналов в условиях сосредоточенных и импульсных помех.
  17. Обнаружение сверхширокополосных радиолокационных сигналов.
  18. Оптимальная линейная фильтрация скалярных параметров радиосигналов. Особенности фильтрации векторных параметров сигналов.
  19. Уравнения фильтра Калмана при фильтрации скалярных параметров сигналов.
  20. Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации.

### 7.2.3 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Статистическое описание случайных процессов в линейных и нелинейных цепях	ПК-2	Устный опрос, зачет
2	Оптимальная линейная фильтрация сигналов. Различение сигналов. Потенциальная помехоустойчивость	ПК-2	Устный опрос, зачет
3	Сигналы, применяемые в радиотехнических системах различного назначения	ПК-2	Устный опрос, зачет
4	Элементы теории фильтрации сигналов	ПК-2	Устный опрос, зачет

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При преподавании дисциплины «Обработка сигналов на фоне шумов» в качестве формы оценки знаний студентов используются индивидуальные варианты заданий на практические и лабораторные занятия, а также задания на зачет на бумажном носителе.

Задания к зачету включают теоретический вопрос и не менее 2 расчетных задач малой/средней сложности, относящихся к области знаний, определяемой перечнем вопросов к зачету (см. п. 7.2.2).

При проведении зачета разрешается использование:

- конспектов лекций;
- учебной литературы в бумажной форме;
- настольных микрокалькуляторов;
- приложения «Инженерный калькулятор» на ПЭВМ (при проведении зачета в аудитории, содержащей вычислительную технику)

Использование мобильных телефонов, планшетов, ноутбуков и/или иных устройств, предоставляющих беспроводную связь, не допускается.

Время подготовки к ответу по заданию составляет 30...45 мин. Затем осуществляется проверка уровня подготовки в ходе устной беседы с экзаменатором, на которую отводится до 15 минут, и выставляется оценка в соответствии с требованиями из п. 7.1.2.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Токарев А.Б. Теория вероятностей и случайные процессы в радиотехнике. Часть 2: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. Токарев А.Б. Случайные процессы в радиотехнике: лабораторный практикум: учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

3. Кацман, Ю.Я. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Электронный ресурс]: учебник / Ю.Я. Кацман. – Томск : ТПУ, 2013. – 131 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82831>. – Загл. с экрана.

**8.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Офисный пакет приложений MicroSoftOffice, Веб-браузер Internet Explorer; Open Office Text; Open Office Calc. Свободно распространяемое ПО. Научная электронная библиотека elibrary ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru))

Специализированное ПО, разработанное на кафедре радиотехники ВГТУ, для проведения комплекса лабораторных работ по курсу «Обработка сигналов на фоне шумов».

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Дисплейный класс № 219, оснащенный 12 компьютерами со специализированными программными средствами для проведения лабораторных работ, разработанными на кафедре радиотехники ВГТУ.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Обработка сигналов на фоне шумов» читаются лекции и проводятся лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные занятия проводятся в режиме моделирования на ПЭВМ типовых случайных процессов, наблюдаемых в радиотехнических цепях. Они направлены на наглядное изучение взаимосвязи между параметрами радиотехнических цепей, формой реализаций сигналов и статистическими характеристиками формирующихся в радиотехнических устройствах случайных процессов.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится устным опросом при защите результатов лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на зачете (1 семестр).


Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщен-

	<p>ния; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью словарей и справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, практическом или лабораторном занятии.</p>
Лабораторные занятия	<p>Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Изучение теоретических материалов и подготовка домашних заданий к лабораторным работам. Выполнение исследований; при этом особое внимание следует уделить выявлению взаимосвязей между изменением параметров случайных процессов и/или обрабатывающих их цепей и формой реализаций и статистическими характеристиками наблюдаемых случайных процессов.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, а также проведение исследований и обсуждение их результатов в рамках лабораторных занятий.</p>

При наличии среди обучающихся студентов-инвалидов и лиц с ОВЗ особенности изучения ими дисциплины согласуются с преподавателем в индивидуальном порядке.



### Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	<p>Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.</p> <p>Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем.</p>	31.08.2019	
2	<p>Актуализирован раздел 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.</p> <p>Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем.</p>	31.08.2020	