

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Радиотехники и электроники

Небольсин В.А.
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Методы статистической радиотехники»
наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Направление подготовки: 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы
связи

Направленность (профиль): 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы
и устройства телевидения

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2021

Автор(ы) программы _____ профессор _____ А.Б. Токарев
должность *подпись*

Заведующий кафедрой радиотехники _____ А.В. Останков
наименование кафедры, реализующей дисциплину *подпись*

Руководитель ОПОП _____ А.Б. Токарев
подпись

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины

Формирование целостного представления и комплекса навыков, позволяющего подходить к решению инженерных радиотехнических задач со статистических позиций.

1.2 Задачи освоения дисциплины

Освоение математического аппарата, применяемого при вероятностном описании явлений и процессов, базовых методов статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем.

Получение навыков осуществления оптимального приема сигналов на фоне помех.

Приобретение знаний и навыков использования методов оптимального оценивания и фильтрации параметров сигналов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы статистической радиотехники» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы статистической радиотехники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 – владением культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий

ОПК-3 – способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности

ПК-3 – готовностью разрабатывать методы и алгоритмы преобразования сигналов

ПК-4 – способностью владеть методами анализа и методами расчета процедур и процессов в радиотехнических системах

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	знать методологию описания свойств случайных процессов и явлений
	уметь осуществлять поиск информации о методах и алгоритмах обработки информации, в том числе с помощью сети Интернет
	владеть навыками практического использования математических пакетов, ориентированных на статистическую обработку данных
ОПК-3	знать способы верификации выдвигаемых предположений и гипотез
	уметь разрабатывать математическое описание и обоснование собственных алгоритмов и методов обработки сигналов
	владеть приёмами экспериментальной проверки выдвигаемых гипотез и алгоритмов обработки данных
ПК-3	знать классические методы обработки детерминированных и случайных сигналов, их взаимосвязь, достоинства и ограничения различных способов решения радиотехнических задач.
	уметь использовать взаимосвязь различных методов для разработки новых алгоритмов решения задач статистической радиотехники
	владеть методами синтеза алгоритмов статистической обработки сигналов в радиотехнических системах
ПК-4	знать соответствующие практически используемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели.
	уметь применять методы статистической радиотехники, положения теории обнаружения и различения сигналов, оценивания параметров сигналов и фильтрации информационных процессов
	владеть методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Методы статистической радиотехники» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4			
Аудиторные занятия (всего)	18	18			
В том числе:					
Лекции	18	18			
Самостоятельная работа	90	90			
Реферат (есть, нет)	-	-			
Вид промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4			
Аудиторные занятия (всего)	6	6			
В том числе:					
Лекции	6	6			
Самостоятельная работа	102	102			
Реферат (есть, нет)	-	-			
Вид промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+			
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

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	СРС	Всего, час
1	Случайные процессы (СП), их характеристики и классификация. Преобразование СП в линейных и нелинейных цепях	Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Классификация случайных процессов. Корреляционное и спектральное описание случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Прохождение случайных процессов через линейные цепи. Преобразователь Гильберта и его свойства. Понятия огибающей и фазы случайного процесса; их вероятностные характеристики. Вероятностные и энергетические характеристики СП при нелинейных безынерционных и инерционных преобразованиях.	6	30	36

2	Основы теории измерения параметров сигналов	Методы и критерии проверки статистических гипотез. Отношение правдоподобия. Выбор порога принятия решения. Байесовские и максимально правдоподобные оценки случайных параметров сигналов. Критерии качества оценивания параметров сигналов. Граница Крамера-Рао.	6	30	36
3	Оптимальная линейная фильтрация сигналов и их параметров	Оптимальное обнаружение и различение сигналов известной формы. Согласованные и квазиоптимальные фильтры. Потенциальная помехоустойчивость. Сложные сигналы и их применение. Оптимальная линейная фильтрация скалярного параметра. Уравнения фильтра Калмана. Фильтр Калмана при оценивании векторных параметров сигналов. Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации.	6	30	36
Контроль					
Итого			18	90	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	СРС	Всего, час
1	Случайные процессы (СП), их характеристики и классификация. Преобразование СП в линейных и нелинейных цепях	Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Классификация случайных процессов. Корреляционное и спектральное описание случайных процессов. Теорема Винера-Хинчина. Прохождение случайных процессов через линейные цепи. Преобразователь Гильберта и его свойства. Понятия огибающей и фазы случайного процесса; их вероятностные характеристики. Вероятностные и энергетические характеристики СП при нелинейных безынерционных и инерционных преобразованиях.	2	34	36
2	Основы теории измерения параметров сигналов	Методы и критерии проверки статистических гипотез. Отношение правдоподобия. Выбор порога принятия решения. Байесовские и максимально правдоподобные оценки случайных параметров сигналов. Критерии качества оценивания параметров сигналов. Граница Крамера-Рао.	2	34	36
3	Оптимальная линейная фильтрация сигналов и их параметров	Оптимальное обнаружение и различение сигналов известной формы. Согласованные и квазиоптимальные фильтры. Потенциальная помехоустойчивость. Сложные сигналы и их применение. Оптимальная линейная фильтрация скалярного параметра. Уравнения фильтра Калмана. Фильтр Калмана при оценивании векторных параметров сигналов. Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации.	2	34	36
Контроль					
Итого			6	102	108

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение реферата.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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
ОПК-2	знать методологию описания свойств случайных процессов и явлений	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению для выполнения практических заданий	Готовность представить аргументированные рассуждения в области вероятностного описания явлений и процессов	Неспособность представить аргументированные рассуждения по вероятностному описанию явлений и процессов
	уметь осуществлять поиск информации о методах и алгоритмах обработки информации, в том числе с помощью сети Интернет	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками практического использования математических пакетов, ориентированных на статистическую обработку данных	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-3	знать способы верификации выдвигаемых предположений и гипотез	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать математическое описание и обоснование собственных алгоритмов и методов обработки сигналов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть приёмами экспериментальной проверки выдвигаемых гипотез и алгоритмов обработки данных	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать классические методы обработки детерминированных и случайных сигналов, их взаимосвязь, достоинства и ограничения различных способов решения радиотехнических задач	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению для выполнения практических заданий	Готовность представить аргументированные рассуждения в области вероятностного описания явлений и процессов	Неспособность представить аргументированные рассуждения по вероятностному описанию явлений и процессов

	уметь использовать взаимосвязь различных методов для разработки новых алгоритмов решения задач статистической радиотехники	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть методами синтеза алгоритмов статистической обработки сигналов в радиотехнических системах	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать соответствующие практически используемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Знание учебного материала и готовность к его обсуждению и применению для выполнения практических заданий	Готовность представить аргументированные рассуждения в области моделирования систем и устройств	Неспособность представить аргументированные рассуждения, относящиеся к вероятностному описанию явлений и процессов
	уметь применять методы статистической радиотехники, положения теории обнаружения и различения сигналов, оценивания параметров сигналов и фильтрации информационных процессов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем	Решение прикладных задач из области статистического анализа радиотехнических устройств и систем	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения, в 4 семестре для заочной формы обучения по системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ОПК-2	знать методологию описания свойств случайных процессов и явлений	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь осуществлять поиск информации о методах и алгоритмах обработки информации, в том числе с помощью сети Интернет	Самостоятельное решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками практического использования математических пакетов, ориентированных	Самостоятельное решение прикладных	Задачи решены в полном объеме и	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены

	на статистическую обработку данных	задач	получены верные ответы	верный ответ во всех задачах	большинств ве задач	
ОПК-3	знать способы верификации выдвигаемых предположений и гипотез	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать математическое описание и обоснование собственных алгоритмов и методов обработки сигналов	Самостоятельное решение стандартных задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть приемами экспериментальной проверки выдвигаемых гипотез и алгоритмов обработки данных	Самостоятельное решение прикладных задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать классические методы обработки детерминированных и случайных сигналов, их взаимосвязь, достоинства и ограничения различных способов решения радиотехнических задач	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать взаимосвязь различных методов для разработки новых алгоритмов решения задач статистической радиотехники	Самостоятельное решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть методами синтеза алгоритмов статистической обработки сигналов в радиотехнических системах	Самостоятельное решение прикладных задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-4	знать соответствующие практически используемым радиотехническим цепям и сигналам статистические модели	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять методы статистической радиотехники, положения теории обнаружения и различения сигналов, оценивания параметров сигналов и фильтрации информационных процессов	Самостоятельное решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами статистического анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем	Самостоятельное решение прикладных задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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. Функцией распределения случайного процесса $\xi(t)$ называют вероятность

$$\begin{aligned} \text{A. } F_{\xi}(x;t) &= P\{\xi(t) = x\}. & \text{B. } F_{\xi}(x;t) &= P\{\xi(t) < x\}. & \text{C. } F_{\xi}(x;t) &= P\{\xi(t) > x\}. \\ \text{D. } F_{\xi}(x;t) &= P\{|\xi(t)| \geq x\}. & \text{E. } F_{\xi}(x;t) &= P\{|\xi(t)| \leq x\} \end{aligned}$$

2. Спектральная плотность мощности случайного процесса $S_{\eta}(\omega)$ на выходе линейной цепи может быть рассчитана по спектральной плотности мощности воздействия $S_{\xi}(\omega)$ и комплексному коэффициенту передачи цепи $\dot{K}(\omega)$ по правилу

$$\begin{aligned} \text{A. } S_{\eta}(\omega) &= S_{\xi}(\omega) / \dot{K}(\omega). & \text{B. } S_{\eta}(\omega) &= S_{\xi}(\omega) \cdot \dot{K}(\omega). & \text{C. } S_{\eta}(\omega) &= S_{\xi}(\omega) + \dot{K}(\omega). \\ \text{D. } S_{\eta}(\omega) &= \dot{K}^2(\omega) \cdot S_{\xi}(\omega). & \text{E. } S_{\eta}(\omega) &= |\dot{K}(\omega)|^2 \cdot S_{\xi}(\omega) \end{aligned}$$

3. Шумовую полосу пропускания линейной цепи используют для расчета...

- А. математического ожидания процесса на выходе этой цепи.
- В. мощности случайного процесса на выходе линейной цепи, на вход которой воздействует белый шум.
- С. изменения амплитуды гармонического колебания при его прохождении через линейную цепь.
- Д. диапазона частот, за пределами которого интенсивность спектральных составляющих процесса на выходе линейной цепи будет строго равно нулю.

4. **Огибающая** нормального шума с нулевым средним значением подчиняется

- А. Нормальному закону распределения.
- В. Релеевскому закону распределения.
- С. Равномерному закону распределения.
- Д. Экспоненциальному закону распределения.

5. Под эффектом нормализации случайных процессов при их прохождении через линейные цепи понимается...

- А. возникновение нормального закона распределения у случайного процесса на выходе цепи, если воздействующий процесс является широкополосным, а цепь – узкополосная.
- В. нормировка по уровню значений случайного процесса, наблюдаемого на выходе узкополосной линейной цепи.

- С. осуществление детектирования узкополосного случайного процесса при его прохождении через широкополосную линейную цепь.
- Д. отсутствие anomalно больших по величине выбросов реализаций, наблюдаемых на выходе линейной цепи.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Белым шумом называют случайный процесс, обладающий ...

- А. линейно нарастающей спектральной плотностью мощности.

- В. прямоугольной формой корреляционной функции.
- С. постоянной для всех τ корреляционной функцией.
- Д. постоянной на всех частотах спектральной плотностью мощности.

10. 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.

11. 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

$$\begin{aligned}
 \text{A. } \dot{K}(\omega) &= S(\omega) / N(\omega). & \text{B. } \dot{K}(\omega) &= \frac{S(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. & \text{C. } \dot{K}(\omega) &= \frac{N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. \\
 \text{D. } \dot{K}(\omega) &= \frac{S(\omega) \cdot N(\omega)}{S(\omega) + N(\omega)}. & \text{E. } \dot{K}(\omega) &= \frac{S(\omega) + N(\omega)}{S(\omega) \cdot N(\omega)}.
 \end{aligned}$$

12. 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

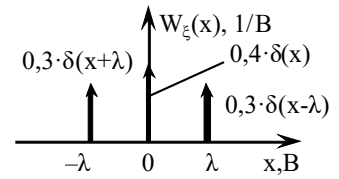
$$\begin{aligned}
 \text{A. } g_{c\phi}(t) &= A \cdot u(t_0 - t). & \text{B. } g_{c\phi}(t) &= A \cdot u(t). & \text{C. } g_{c\phi}(t) &= A \cdot u(t_0). \\
 \text{D. } g_{c\phi}(t) &= 1 / u(t_0 - t). & \text{E. } g_{c\phi}(t) &= t_0 - u(t)
 \end{aligned}$$

13. 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

$$\begin{aligned}
 \text{A. } \dot{K}_{c\phi}(\omega) &= A \cdot |\dot{G}_u(\omega)|^2. & \text{B. } \dot{K}_{c\phi}(\omega) &= A / \dot{G}_u(\omega). \\
 \text{C. } \dot{K}_{c\phi}(\omega) &= |\dot{G}_u(\omega)|^2 \cdot e^{+j\omega t_0} & \text{D. } \dot{K}_{c\phi}(\omega) &= A \cdot \dot{G}_u(\omega) \cdot e^{-j\omega t_0}
 \end{aligned}$$

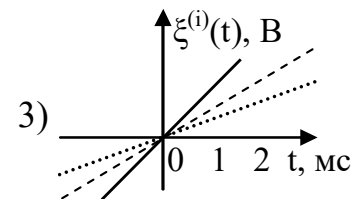
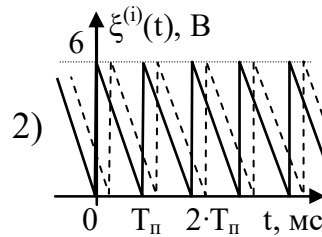
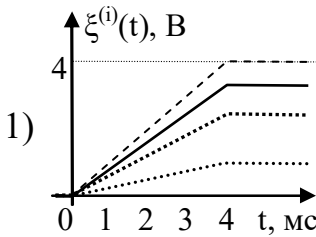
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Представленная на рисунке справа плотность вероятности случайного процесса $\xi(t)$ указывает, что этот процесс



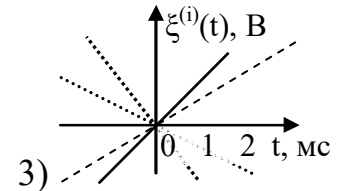
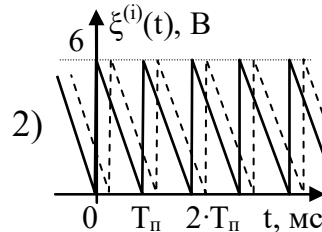
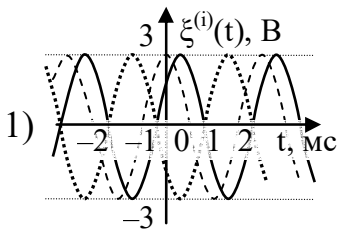
- A. Является нормальным белым шумом.
- B. Представляет собой сигнал, принимающий в каждый момент времени одно трёх разрешенных значений ($-\lambda$; 0 и λ) и, возможно, перепрыгивающий между этими уровнями в случайные моменты времени.
- C. Представляет собой сумму трёх гармонических колебаний разных частот.
- D. Представляет собой сигнал из трёх импульсов очень малой длительности.

2. Среди представленных на рисунках случайных процессов стационарными являются...



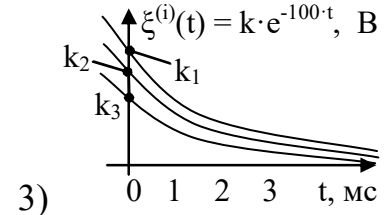
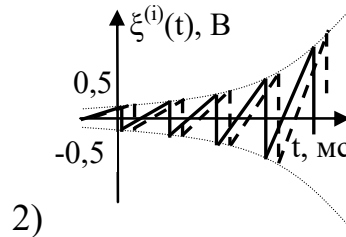
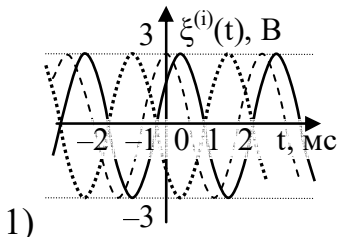
- A. только первый.
- B. только второй.
- C. только третий.
- D. первый и второй.
- E. второй и третий.
- F. первый и третий.

3. Среди представленных на рисунках случайных процессов эргодическими являются...



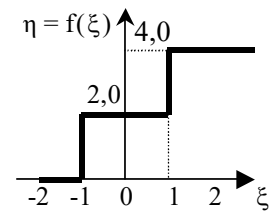
- A. только первый.
- B. только второй.
- C. только третий.
- D. первый и второй.
- E. второй и третий.
- F. первый и третий.

4. Среди представленных на рисунках случайных процессов нестационарными являются...

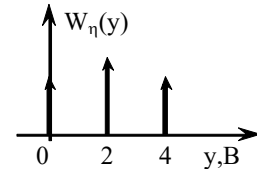


- A. только первый.
- B. только второй.
- C. только третий.
- D. первый и второй.
- E* второй и третий.
- F. первый и третий.

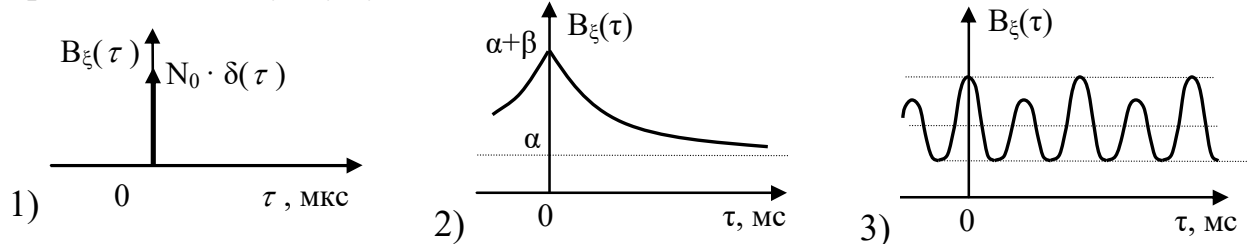
5. При воздействии нормального случайного процесса $\xi(t)$ на нелинейный преобразователь с представленной на рисунке справа характеристикой процесс $\eta(t)$ на выходе преобразователя будет обладать



- A. Равномерным законом распределения.
- B. Релеевским законом распределения.
- C. Плотностью вероятности, имеющей вид \rightarrow
- D. Экспоненциальным законом распределения.



6. Среди представленных на рисунках корреляционных функций случайных процессов белому шуму соответствует...



- A. только первая.
- B. только вторая.
- C. только третья.
- D. первая и вторая.
- E. вторая и третья.
- F. первая и третья.

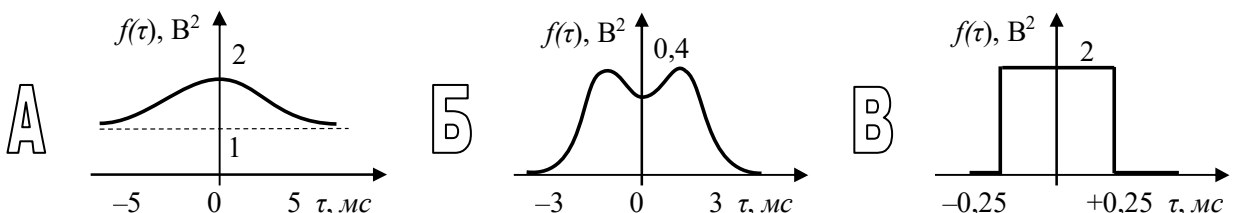
6. Найти огибающую, мгновенную фазу и мгновенную частоту колебания, а также составить выражение для комплексного сигнала, если процесс описывается выражением $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega_0 t) - 0,5 \cdot \beta \cdot U_m \cdot \cos((\omega_0 + \Omega)t) + 0,5 \cdot \beta \cdot U_m \cdot \cos((\omega_0 - \Omega)t)$

7. 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.

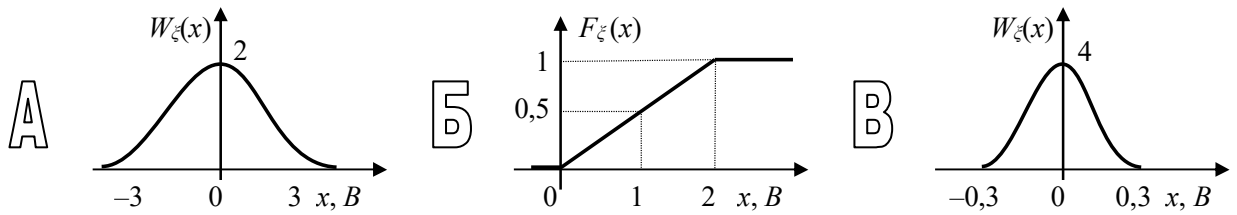
8. Построить график импульсной характеристики фильтра, согласованного с сигналом $s(t) = k \cdot t$, $0 \leq t \leq T_c$.

9. Для набора графиков укажите:



Какие из представленных зависимостей не могут служить корреляционными функциями случайных процессов и почему? Для графиков, соответствующих возможным корреляционным функциям СП, укажите, как они изменятся, если математическое ожидание СП сделать равным минус 1 вольту?

10. Для набора графиков укажите:



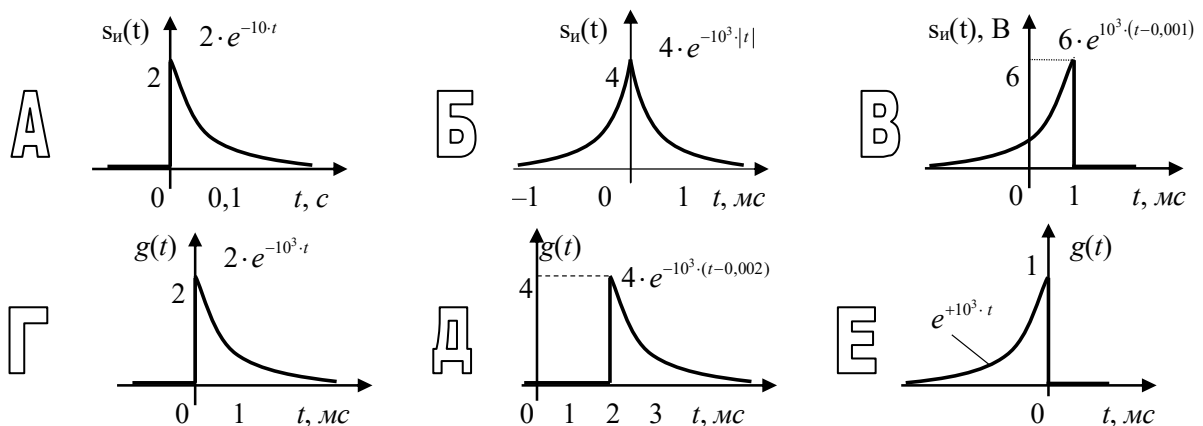
какие из представленных зависимостей не могут служить законами распределения нормального случайного процесса и почему?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Имеется n независимых отсчетов x_i случайного процесса, характеризуемого плотностью вероятности $W_\xi(x) = \frac{2x}{\theta^2}$, при $x \in [0, \theta]$. Доказать, что оценка максимального правдоподобия для параметра распределения, может рассчитываться в соответствии с выражением $\hat{\theta} = \max x_i$.

2. Имеется n независимых отсчетов x_i случайного процесса, характеризуемого плотностью вероятности $W_\xi(x) = \begin{cases} \exp(\beta - x), & x \geq \beta \\ 0, & x < \beta \end{cases}$, где параметр β распределен равномерно на отрезке $[0, 1]$. Доказать, что байесовская оценка параметра распределения при квадратичной функции потерь может рассчитываться в соответствии с выражением $\hat{\beta} = \min(x_{(1)}, 1)$.

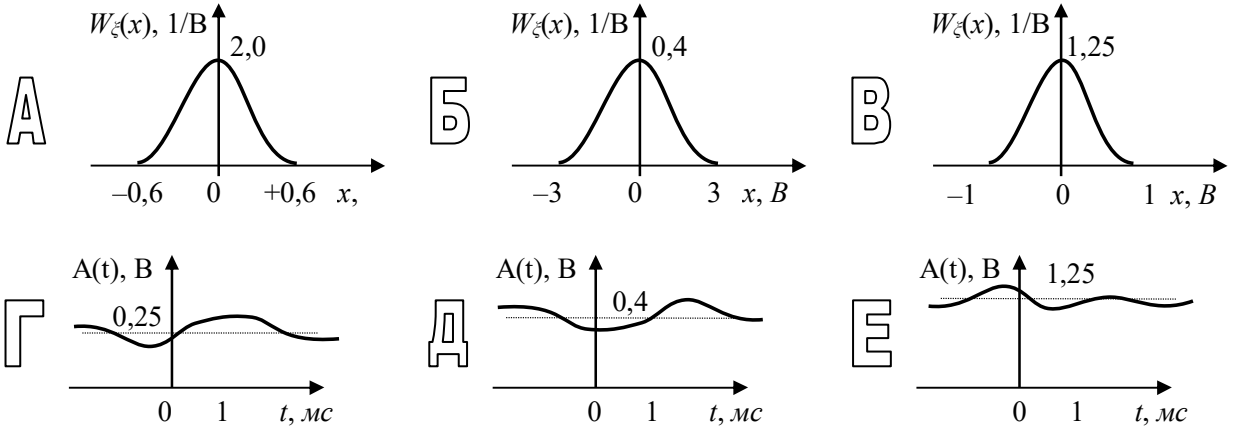
3. Для набора графиков укажите:



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 $N_0 = 4 \cdot 10^{-4}$ (В²/Гц)?

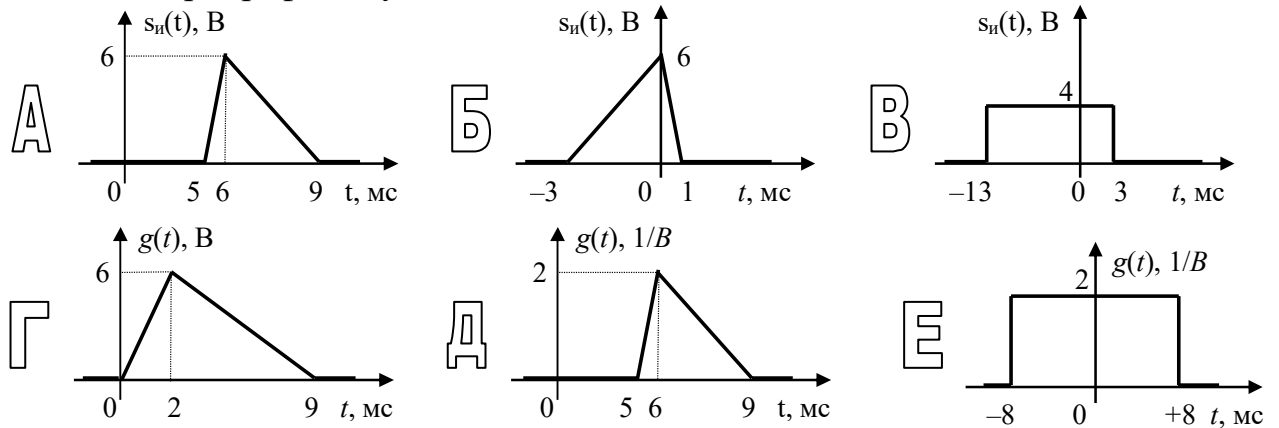
4. Для набора графиков укажите:



есть ли среди представленных на рисунках «Г»-«Е» графиков 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?

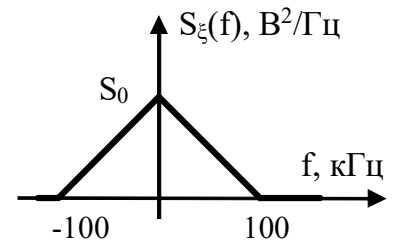
5. Для набора графиков укажите:



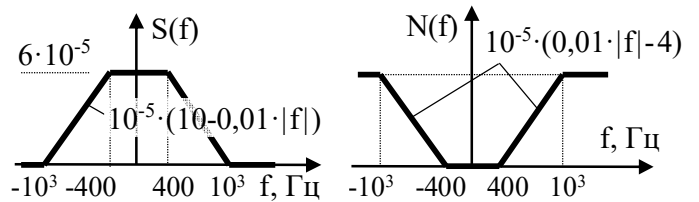
есть ли среди представленных на рисунках «Г»-«Е» импульсные характеристики реализуемых фильтров, согласованных с сигналами с рисунков «А»-«В»?

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

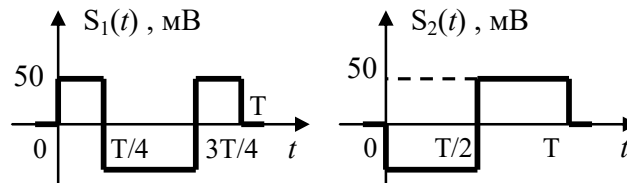
6. Случайный процесс со спектральной плотностью мощности $S_{\xi}(f)$, воздействует на идеальный фильтр нижних частот (ИФНЧ) с граничной частотой полосы пропускания $f_C = 40$ кГц. Определите коэффициент передачи в полосе пропускания ИФНЧ, если известно, что эффективные значения процессов, наблюдаемых на входе и выходе фильтра, одинаковы.



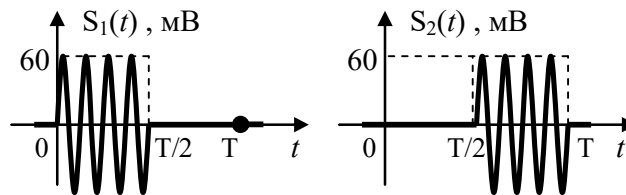
7. Определите комплексный коэффициент передачи линейного фильтра, обеспечивающего наименьшую среднеквадратическую ошибку фильтрации полезного сигнала с СПМ $S(f)$ на фоне помехи с СПМ $N(f)$.



8. Предложите структурную схему приёмника, обеспечивающего минимальную вероятность ошибки при приёме сигналов



9. Определите минимально возможную вероятность ошибки при приёме показанных ниже сигналов, если эти сигналы наблюдаются на фоне белого шума с интенсивностью (односторонней спектральной плотностью мощности), равной $N_0 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ В}^2/\text{Гц}$.



10. 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 наблюдаются на фоне белого шума с интенсивностью (односторонней спектральной плотностью мощности), равной $N_0 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ В}^2/\text{Гц}$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Случайные процессы (СП) и их вероятностное описание. Числовые характеристики случайных процессов.
2. Многомерные функции распределения и плотности распределения вероятностей случайных процессов и их свойства.
3. Классификация случайных процессов. Признаки стационарности случайных процессов. Эргодические случайные процессы и экспериментальные способы оценки их числовых и вероятностных характеристик.
4. Нормальный эргодический случайный процесс, его числовые характеристики.
5. Корреляционная функция эргодического СП; ее свойства и методы экспериментального измерения. Понятие интервала корреляции СП.

6. Спектральная плотность мощности эргодического СП. Экспериментальное измерение спектральной плотности мощности СП. Понятие ширины спектра СП. Связь между спектральной плотностью мощности СП и корреляционной функцией СП.
7. Узкополосный нормальный эргодический процесс. Огибающая и фаза этого процесса, их плотность распределения и числовые характеристики. (Прохождение узкополосного нормального процесса через линейный амплитудный детектор).
8. Аддитивная смесь регулярного гармонического сигнала и узкополосного нормального СП. Плотность распределения значений огибающей. (Воздействие смеси гармонического сигнала и узкополосного нормального шума на линейный амплитудный детектор).
9. Частотный и временной методы определения спектральной плотности мощности и корреляционной функции случайного процесса на выходе линейной цепи.
10. Плотность вероятности и числовые характеристики случайных процессов на выходе нелинейной безынерционной цепи.
11. Предельно достижимое отношение сигнал/шум на выходе линейной цепи при оптимальном обнаружении сигнала известной формы в условиях действия белого шума (согласованная фильтрация).
12. Согласованный фильтр; импульсная характеристика и комплексный коэффициент передачи согласованного фильтра.
13. Проблема синхронизации при когерентном обнаружении сигнала известной формы. Некогерентное обнаружение сигналов, его достоинства и недостатки.
14. Оптимальное обнаружение сигналов известной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Оптимальный фильтр и его комплексный коэффициент передачи.
15. Квазиоптимальные фильтры; их достоинства и недостатки в сравнении с согласованными фильтрами.
16. Оптимальное выделение сигналов неизвестной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Коэффициент передачи оптимального фильтра.
17. Оптимальная фильтрация сигнала неизвестной формы в условиях действия помехи с произвольной формой спектральной плотности мощности. Минимально достижимая среднеквадратическая ошибка фильтрации сигнала.
18. Векторное представление сигнала. Основные характеристики сигнала в функциональном пространстве (расстояние между двумя разными сигналами, угол между векторами этих сигналов, удаление сигнала от начала координат).
19. Функциональное пространство сигналов; размерность пространства. Понятие базы сигнала (ансамбля сигналов).
20. Простые и сложные сигналы. База простого и сложного сигналов. Преимущества и недостатки сложного сигнала по сравнению с простым.
21. Простые и сложные сигналы. Методы формирования сложных сигналов.
22. Потенциальная помехоустойчивость при точно известном ансамбле сигналов.

23. Байесовские и максимально правдоподобные оценки случайных параметров сигналов.
24. Критерии качества оценивания параметров сигналов. Дисперсии оценок и функции неопределенности.
25. Граница Крамера-Рао при оценивании параметров сигналов.
26. Оценка параметров сигналов. Матрица Фишера.
27. Аномальные ошибки и пороговые эффекты при оценивании параметров сигналов.
28. Оптимальная линейная фильтрация скалярных параметров радиосигналов. Уравнения фильтра Калмана.
29. Особенности фильтрации векторных параметров сигналов.
30. Применение фильтров Калмана к задачам нелинейной фильтрации.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Экзамен не предусмотрен учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов, одну стандартную и одну прикладную задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, стандартная задача оценивается в 5 баллов, прикладная задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

При проведении зачета разрешается использование:

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

По предварительной договоренности с преподавателем тестовая работа может быть заменена написанием реферата по теме научных исследований аспирантов с детализацией технологии применения методов статистической радиотехники в предметной области исследований аспиранта.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Случайные процессы (СП), их характеристики и классификация. Преобразование СП в линейных и нелинейных цепях	ОПК-2, ОПК-3, ПК-3, ПК-4	Тест, устный опрос, зачет
2	Основы теории измерения параметров сигналов	ОПК-2, ОПК-3, ПК-3, ПК-4	Тест, устный опрос, зачет
3	Оптимальная линейная фильтрация сигналов и их параметров	ОПК-2, ОПК-3, ПК-3, ПК-4	Тест, устный опрос, зачет

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

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 45 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 60 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Лебедько Е.Г. Теоретические основы передачи информации. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 352 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/1543/#2>

Монаков А.А. Математическое моделирование радиотехнических систем: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 148 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/76276/#2>

Мощенский Ю.В., Нечаев А.С. Теоретические основы радиотехники. Сигналы: Учебное пособие. – 3-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 216 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/103907/#2>

Шахтарин, Б.И. Случайные процессы в радиотехнике: Учеб. пособие. Ч.1: Линейные системы / Б.И.Шахтарин. - М. : Радио и связь, 2002. - 568 с.

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

Специализированное ПО, разработанное на кафедре радиотехники ВГТУ, для проведения комплекса демонстрационных лабораторных работ по курсу «Методы статистической радиотехники».

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

Дисплейный класс № 219, оснащенный компьютерами со специализированными программными средствами для проведения демонстрационных лабораторных работ.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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. Освоение дисциплины оценивается путем зачета с оценкой (4 семестр).

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, 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 или на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной

	литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

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