

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Н. Л. Королева  
«05» июля 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.20 Вопросы оптимальной линейной фильтрации

Направление подготовки/специальность: 11.03.02 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль/направленность/специализация: Системы и устройства подвижной радиосвязи

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2021

**Автор программы:**

Кандидат технических наук, доцент Штейнбрехер Валерий Васильевич

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «19» сентября 2017 г. № 930).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры теоретической и экспериментальной физики «17» мая 2021 г. Протокол № 9

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «05» июля 2021 г. № 5.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавра.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	10
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	14
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	16
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	16

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ПК-8 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики

### 1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский

### 1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сфере: 01 Образование и наука (в сфере общего, профессионального и дополнительного профессионального образования; в сфере научных исследований)

### 1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
	ПК-8 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	Осуществляет анализ и синтез необходимых структур с целью технической и аппаратной реализации алгоритмов оптимальной нестационарной фильтрации

### 1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ПК-8 Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения							
		Очная (семестр)				Заочная (семестр)			
		4	5	7	8	4	5	7	8
1	Аналоговая и цифровая электроника	+	+			+	+		
2	Дискретная математика		+				+		
3	Дифференциальные уравнения		+				+		
4	Научно-исследовательская работа				+				+
5	Основы спутниковых систем связи			+				+	

6	Тензорный анализ инфокоммуникацион ных систем		+				+		
7	Управление инфокоммуникацион ными системами		+				+		

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Вопросы оптимальной линейной фильтрации» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 11.03.02 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

Дисциплина «Вопросы оптимальной линейной фильтрации» изучается в 4 семестре.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 2 з.е.

Очная: 2 з.е.

Заочная: 2 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)	Заочная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
Контактная работа	32	8
Лекции (Лекции)	16	4
Практические (Практ. раб.)	16	4
Самостоятельная работа (СР)	40	60
Зачет	-	4

## 3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.						Формы текущего контроля
		Лекции		Практ. раб.		СР		
		О	З	О	З	О	З	
4 семестр								
1	Введение. Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики	2	1	2	1	4	10	Отчет по практическому занятию
2	Преобразование случайных сигналов в устройствах систем связи	4	1	6	1	10	10	Отчет по практическому занятию; Тестирование
3	Основы оптимального приема сигналов	6	1	6	1	14	20	Отчет попрактическому заданию
4	Обнаружение и различение сигналов	2	1	-	-	4	10	Собеседование

5	Оценка параметров сигнала и фильтрация случайных сигналов из шумов	2	-	2	1	8	10	Отчет по практическому занятию; Тестирование
---	--	---	---	---	---	---	----	---

### Тема 1. Введение.

#### Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики (ПК-8)

##### Лекция.

Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики.

Энергетический спектр и его свойства. Нормальный случайный процесс. Белый шум.

##### Практическое занятие.

*Практическое занятие №1. Корреляционные и спектральные характеристики случайных процессов.*

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение случайного процесса.
2. Какие основные статистические характеристики вам известны?
3. Дайте определение стационарного случайного процесса.
4. Как формулируется теорема Винера-Хинчина?
5. Каковы основные свойства спектральной плотности мощности стационарного случайного процесса?
6. Как определяется понятие одностороннего спектра мощности? Как, зная спектр мощности, вычислить дисперсию стационарного случайного процесса?
7. Почему случайный процесс типа белого шума называют дельта-коррелированным случайным процессом? Каковы основные свойства белого шума? В каких случаях реальный случайный процесс можно приближенно заменить белым шумом?
8. Перечислите основные свойства энергетического спектра?
9. Перечислите основные свойства корреляционной функции случайного процесса? .

##### Задания для самостоятельной работы.

1. Общие определения и виды случайных процессов.
2. Статистические характеристики случайных процессов. Функции распределения и плотности вероятности. Математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция случайного процесса.
3. Стационарные и эргодические процессы.
4. Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики.

**Рекомендации: в результате самостоятельной работы студент должен освоить основные вопросы курса:**

1. Виды случайных процессов.
2. Статистические характеристики случайных процессов. Функции распределения и плотности вероятности. Математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция случайного процесса.
3. Стационарные и эргодические процессы.
4. Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики.

### Тема 2. Преобразование случайных сигналов в устройствах систем связи (ПК-8)

##### Лекция.

Особенности анализа линейных систем при случайных воздействиях. Вычисление математического ожидания, корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса на выходе линейной системы. Нормализация случайных процессов в узкополосных линейных системах. Источники флуктуационных шумов в радиоэлектронной аппаратуре. Особенности анализа нелинейных систем при случайных воздействиях. Прохождение узкополосного случайного процесса через нелинейные устройства.

##### Практическое занятие.

*Практическое занятие № 2. Спектральные плотности мощности и корреляционные функции на выходе линейной цепи.*

Контрольные вопросы:

1. Какую роль играет свойство стационарности входного случайного процесса при выводе формулы, определяющей спектр мощности случайного процесса на выходе?
2. Как выглядят примерные графики функций корреляции случайных сигналов на выходе интегрирующей RC-цепи?
3. Каковы физические факторы, приводящие к нормализации случайного процесса на выходе линейной цепи?
4. Как определяется энергетический спектр случайного процесса на выходе линейной цепи?

*Практическое занятие № 3. Параметры распределения случайного процесса на выходе линейной цепи.*

Контрольные вопросы:

1. Поясните, как определяются математическое ожидание и дисперсия на выходе линейной цепи первого порядка в переходном режиме при включении на ее входе белого шума с известной спектральной плотностью?
2. Как определить функцию корреляции на выходе линейной цепи?

*Практическое занятие №4. Собственные шумы в радиоэлектронных цепях. Прохождение случайных сигналов через нелинейные цепи*

Контрольные вопросы:

1. Назовите причины возникновения собственных шумов в радиотехнических цепях?
2. Опишите механизм возникновения тепловых шумов в резисторах. Каков частотный диапазон, в пределах которого тепловой шум можно считать белым?
3. Опишите природу дробового шума, возникающего в электронных приборах?
4. В каком случае случайный процесс, действующий на входе реальной цепи, можно заменить белым шумом?
5. Что такое шумовая полоса пропускания цепи?
6. Как вычисляется одномерная плотность вероятности случайного процесса после нелинейного безынерционного преобразования?
7. Какие случайные процессы называются узкополосными?
8. Чем характеризуется нелинейное преобразование узкополосных случайных процессов?
9. Как выделить огибающую узкополосного случайного процесса?

**Задания для самостоятельной работы.**

**Задания для самостоятельной работы**

1. Особенности анализа линейных систем при случайных воздействиях.
2. Вычисление математического ожидания, корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса на выходе линейной системы.
3. Нормализация случайных процессов в узкополосных линейных системах.
4. Источники флуктуационных шумов в радиоэлектронной аппаратуре.
5. Особенности анализа нелинейных систем при случайных воздействиях.
6. Прохождение узкополосного случайного процесса через нелинейные устройства.

**Рекомендации: в результате самостоятельной работы студент должен освоить основные вопросы курса:**

1. Особенности анализа линейных систем при случайных воздействиях.
2. Вычисление математического ожидания, корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса на выходе линейной системы.
3. Нормализация случайных процессов в узкополосных линейных системах.
4. Источники флуктуационных шумов в радиоэлектронной аппаратуре.
5. Особенности анализа нелинейных систем при случайных воздействиях.

### Тема 3. Основы оптимального приема сигналов (ПК-8)

#### Лекция.

Помехоустойчивость и ее основные задачи. Задачи оптимальной линейной фильтрации и выбор критерия оптимальности. Согласованный линейный фильтр. Согласованный фильтр как коррелятор. Частотный коэффициент передачи согласованного фильтра. Импульсная характеристика и физическая осуществимость согласованного линейного фильтра. Реализация согласованных фильтров.

#### Практическое занятие.

*Практическое занятие №5. Согласованный фильтр для прямоугольного видеоимпульса.*

Контрольные вопросы:

1. Получите выражение для комплексного коэффициента передачи фильтра, оптимального для прямоугольного видеоимпульса.. Приведите график АЧХ оптимального фильтра.
2. Какой вид имеет импульсная характеристика оптимального фильтра для пачки одинаковых импульсов.
3. Изобразите функциональную схему для оптимального фильтра для пачки равноотстоящих импульсов.

*Практическое занятие №6. Оптимальная фильтрация пачки видеоимпульсов. Контрольные вопросы:*

1. Получите выражение для комплексного коэффициента передачи фильтра, оптимального для пачки равноотстоящих импульсов. Приведите график АЧХ оптимального фильтра.
2. Какой вид имеет импульсная характеристика оптимального фильтра для пачки одинаковых импульсов.
3. Изобразите функциональную схему для оптимального фильтра для пачки равноотстоящих импульсов.
4. Какой выигрыш в отношении сигнал/помеха может обеспечить оптимальный фильтр для пачки одинаковых импульсов?
5. Какой вид имеет напряжение на выходе оптимального фильтра при подаче на его вход пачки равноотстоящих импульсов?

*Практическое занятие №7. Оптимальная фильтрация прямоугольного радиоимпульса.*

Контрольные вопросы:

1. Получите выражение для комплексного коэффициента передачи фильтра, оптимального для прямоугольного радиоимпульса. Приведите график АЧХ оптимального фильтра.
2. Какой вид имеет импульсная характеристика оптимального фильтра для прямоугольного радиоимпульса.
3. Изобразите функциональную схему для оптимального фильтра для прямоугольного радиоимпульса.
4. Как в радиотехнике принято определять отношение сигнал/шум? Что такое выигрыш фильтра?

**Т**

#### Задания для самостоятельной работы.

##### Задания для самостоятельной работы

1. Помехоустойчивость и ее основные задачи.
2. Задачи оптимальной линейной фильтрации и выбор критерия оптимальности.
3. Согласованный линейный фильтр.
4. Согласованный фильтр как коррелятор.
5. Частотный коэффициент передачи согласованного фильтра.
6. Импульсная характеристика и физическая осуществимость согласованного линейного фильтра.
7. Реализация согласованных фильтров

**Рекомендации: в результате самостоятельной работы студент должен освоить основные вопросы курса:**

1. Помехоустойчивость и ее основные задачи.
2. Задачи оптимальной линейной фильтрации и выбор критерия оптимальности.



3. Согласованный линейный фильтр.
4. Согласованный фильтр как коррелятор.
5. Частотный коэффициент передачи согласованного фильтра.
6. Импульсная характеристика и физическая осуществимость согласованного линейного фильтра.

#### **Тема 4. Обнаружение и различение сигналов (ПК-8)**

##### **Лекция.**

Ошибки при обнаружении сигнала. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов. Оптимальное обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов. Структурные схемы оптимальных обнаружителей и их качественные показатели. Различение детерминированных и квазидетерминированных сигналов. Структурные схемы оптимальных различителей и их качественные показатели. Потенциальная помехоустойчивость оптимальных различителей при различных видах манипуляции.

##### **Задания для самостоятельной работы.**

##### **Задания для самостоятельной работы**

1. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов.
2. Оптимальное обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов.
3. Структурные схемы оптимальных обнаружителей и их качественные показатели.
4. Структурные схемы оптимальных различителей и их качественные показатели.
5. Потенциальная помехоустойчивость оптимальных различителей при различных видах манипуляции.

**Рекомендации: в результате самостоятельной работы студент должен освоить основные вопросы курса:**

1. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов.
2. Оптимальное обнаружение детерминированных и квазидетерминированных сигналов.
3. Структурные схемы оптимальных обнаружителей и их качественные показатели.
4. Структурные схемы оптимальных различителей и их качественные показатели.

#### **Тема 5. Оценка параметров сигнала и фильтрация случайных сигналов из шумов (ПК-8)**

##### **Лекция.**

Основные методы оценки параметров сигнала. Оценка энергетических и неэнергетических параметров сигнала. Оптимальные схемы измерения параметров сигнала. Сигнальная и шумовая функции. Оптимальный линейный фильтр по критерию минимума среднего квадрата ошибки. Получение сообщений из белого шума с помощью формирующих фильтров. Линейные фильтры Калмана.

Принципы построения перспективных систем связи, использующих алгоритмы статистической обработки сигналов.

##### **Практическое занятие.**

##### *Практическое занятие №8. Оптимальная фильтрация сигналов на фоне помех*

##### **Контрольные вопросы:**

1. Приведите критерии оптимальности, используемые при синтезе радиотехнических устройств.
2. Дайте определение импульсной характеристики линейного четырехполюсника.
3. Дайте определение переходной характеристики линейного четырехполюсника.
4. Сформулируйте требования к импульсной характеристике оптимального фильтра.
5. Какая взаимосвязь существует между автокорреляционной функцией сигнала и сигналом на выходе оптимального фильтра?
6. В чем заключается задача фильтрации сигнала?
7. Какие задачи решают оптимальные фильтры?
8. Почему согласованный фильтр называют оптимальным?
9. Чему равно отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра?

### Задания для самостоятельной работы.

#### Задания для самостоятельной работы

1. Основные методы оценки параметров сигнала.
2. Оценка энергетических и неэнергетических параметров сигнала.
3. Оптимальные схемы измерения параметров сигнала.
4. Оптимальный линейный фильтр по критерию минимума среднего квадрата ошибки.
5. Получение сообщений из белого шума с помощью формирующих фильтров. Линейные фильтры Калмана

#### 4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

##### 4.1. Распределение баллов:

##### 4 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 70 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов

##### Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Введение. Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики	Отчет по практическому занятию	18	9 баллов – студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; свободно владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает подробные выводы и грамотно с пояснениями отвечает на все контрольные вопросы. 7 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; твердо владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает выводы и отвечает на контрольные вопросы. 5 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; владеет методикой расчета устройства (его узлов), но затрудняется при их выполнении, делает выводы и приводит не полные ответы на контрольные вопросы.
2.	Преобразование случайных сигналов в устройствах систем связи	Отчет по практическому занятию	9	9 баллов – студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; свободно владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает подробные выводы и грамотно с пояснениями отвечает на все контрольные вопросы. 7 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; твердо владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает выводы и отвечает на контрольные вопросы. 5 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; владеет методикой расчета устройства (его узлов), но затрудняется при их выполнении, делает выводы и приводит не полные ответы на контрольные вопросы.

		<b>Тестирование(контрольный срез)</b>	10	10 баллов – студент решил все 100% заданий 7-9 баллов – студент решил не менее 80% заданий 4-6 баллов – студент решил не менее 50% заданий Если студент решил менее 25% заданий, баллы не начисляются
3.	Основы оптимального приема сигналов	Отчет попрактическому заданию	18	9 баллов – студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; свободно владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает подробные выводы и грамотно с пояснениями отвечает на все контрольные вопросы. 7 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; твердо владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает выводы и отвечает на контрольные вопросы. 5 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; владеет методикой расчета устройства (его узлов), но затрудняется при их выполнении, делает выводы и приводит не полные ответы на контрольные вопросы.
4.	Обнаружение и различение сигналов	Собеседование	16	Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д. Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке: - правильность ответа по содержанию; - полнота и глубина ответа; - сознательность ответа; - логика изложения материала; - рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи; - своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе; - использование дополнительного материала; - рациональность использования времени, отведенного на задание. 16 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики 6 баллов - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики. 8 балла – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы – ответ баллами не оценивается.

5.	Оценка параметров сигнала и фильтрация случайных сигналов из шумов	Отчет по практическому занятию	9	9 баллов – студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; свободно владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает подробные выводы и грамотно с пояснениями отвечает на все контрольные вопросы. 7 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; твердо владеет методикой расчета устройства (его узлов), выполняет их правильно, делает выводы и отвечает на контрольные вопросы. 5 баллов - студент знает назначение, состав, основные параметры устройства, принцип его действия и практическое применение; владеет методикой расчета устройства (его узлов), но затрудняется при их выполнении, делает выводы и приводит не полные ответы на контрольные вопросы.
		Тестирование(контрольный срез)	10	10 баллов – студент решил все 100% заданий 7-9 баллов – студент решил не менее 80% заданий 4-6 баллов – студент решил не менее 50% заданий Если студент решил менее 25% заданий, баллы не начисляются
6.	Посещаемость		10	10 баллов – студент посетил все 100% занятий 7-9 баллов – студент посетил не менее 80% занятий 4-6 баллов – студент посетил не менее 50% занятий 1-3 балла – студент посетил не менее 25% занятий Если студент посетил менее 25% занятий, баллы не начисляются
7.	Премиальные баллы		20	Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены: - постоянная активность во время практических занятий – 10 баллов; - полностью подготовленная к публикации статья по тематике в рамках дисциплины – 10 баллов; - победа в межрегиональной олимпиаде по физике – 20 баллов; - участие с докладом во всероссийской олимпиаде по тематике изучаемой дисциплины – 20 баллов; - участие в выставке по тематике изучаемой дисциплины – 20 баллов; - публикация статьи по тематике изучаемой дисциплины в сборнике студенческих работ / материалах всероссийской конференции / журнале из перечня ВАК – 10 / 15 / 20
8.	Итого за семестр		100	

Итоговая оценка по зачету выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
50 - 100 баллов	Зачтено
0 - 49 баллов	Не зачтено

#### 4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

### Отчет по практическому занятию

#### Тема 1. Введение.

Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики

#### Типовые вопросы в рамках практических занятий

1.Перечислите основные свойства корреляционной функции случайного процесса.

2. Как найти спектральную плотность стационарного процесса на выходе линейной системы с известными характеристиками?
3. Нарисуйте схему корреляционного приемника и поясните принцип его работы.
4. Поясните основные отличия фильтра Винера от согласованного фильтра.
5. Почему спектральный анализ линейных систем при случайных воздействиях осуществляется с использованием квадрата модуля КЧХ, а не самой КЧХ?

## Тема 2. Преобразование случайных сигналов в устройствах систем связи

### Типовые задания для практических занятий

1. Вычисление математического ожидания, корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса на выходе линейной системы..
2. Прохождение узкополосного случайного процесса через нелинейные устройства.
3. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов.
4. Оптимальные схемы измерения параметров сигнала.

## Тема 5. Оценка параметров сигнала и фильтрация случайных сигналов из шумов

1. Как построить импульсную характеристику согласованного фильтра? Каким образом связаны между собой спектральная плотность выделяемого сигнала и частотный коэффициент передачи согласованного фильтра?
2. Чем объясняется высокая помехоустойчивость широкополосных ЧМ систем? Какой уровень полезного сигнала называют пороговым?
3. Эквивалентным источником белого шума на входе фильтра является резистор сопротивлением 500 Ом, находящийся при температуре  $T = 300$  К. Какова должна быть энергия выделяемого сигнала для того, чтобы согласованный фильтр мог обеспечить отношение сигнал/шум, равное пяти?

### Отчет попрактическому заданию

## Тема 3. Основы оптимального приема сигналов

### Типовые вопросы в рамках практических занятий

1. Перечислите основные свойства корреляционной функции случайного процесса.
2. Как найти спектральную плотность стационарного процесса на выходе линейной системы с известными характеристиками?
3. Нарисуйте схему корреляционного приемника и поясните принцип его работы.
4. Поясните основные отличия фильтра Винера от согласованного фильтра.
5. Почему спектральный анализ линейных систем при случайных воздействиях осуществляется с использованием квадрата модуля КЧХ, а не самой КЧХ?

### Собеседование

## Тема 4. Обнаружение и различение сигналов

1. Что называется линейной системой? Сформулируйте принцип суперпозиции.
2. Дайте определение импульсной характеристики. Каким образом она связана с комплексной частотной характеристикой цепи?
3. Поясните основные особенности анализа линейных систем при случайных воздействиях.
4. Как найти спектральную плотность стационарного процесса на выходе линейной системы с известными характеристиками?
5. Поясните суть метода частотной фильтрации.

### Тестирование

## Тема 2. Преобразование случайных сигналов в устройствах систем связи

### Типовые вопросы теста

1. Вычисление математического ожидания, корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса на выходе линейной системы..
2. Прохождение узкополосного случайного процесса через нелинейные устройства.
3. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов.
4. Оптимальные схемы измерения параметров сигнала.

## Тема 5. Оценка параметров сигнала и фильтрация случайных сигналов из шумов

1. Вычисление математического ожидания, корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса на выходе линейной системы..
2. Прохождение узкополосного случайного процесса через нелинейные устройства.
3. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов.
4. Оптимальные схемы измерения параметров сигнала.

### 4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета

#### Типовые вопросы зачета (ПК-8)

1. Типы случайных процессов и их вероятностные характеристики.
2. Нормализация случайных процессов в узкополосных линейных системах.
3. Помехоустойчивость и ее основные задачи.
4. Корреляционный метод оптимальной обработки сигналов.
5. Структурные схемы оптимальных обнаружителей и их качественные показатели.

#### Типовые задания для зачета (ПК-8)

1. Вычисление математического ожидания, корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса на выходе линейной системы..
2. Прохождение узкополосного случайного процесса через нелинейные устройства.
3. Критерии оптимального обнаружения и различения сигналов.
4. Оптимальные схемы измерения параметров сигнала.

### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено» (50 - 100 баллов)	ПК-8	На достаточном уровне осуществляет анализ и синтез необходимых структур с целью технической и аппаратной реализации алгоритмов оптимальной нестационарной фильтрации
«не зачтено» (0 - 49 баллов)	ПК-8	Не умеет осуществлять анализ и синтез необходимых структур с целью технической и аппаратной реализации алгоритмов оптимальной нестационарной фильтрации

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

Работая с РПД, необходимо обратить внимание на следующее:

- отдельные разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, но отводятся на самостоятельное изучение по рекомендуемой учебной литературе и учебно-методическим разработкам;
- при самостоятельном изучении тем следует использовать источники из современных, в том числе международных профессиональных баз данных и информационных справочных систем через «Интернет», состав которых определяется в РПД и ежегодно обновляется;
- усвоение теоретических положений (методик, расчетных формул и др.), входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины необходимо самостоятельно контролировать по вопросам для самоконтроля в учебных изданиях и в пункте 3.2 РПД;
- материалы тем, отведенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входят составной частью в темы текущего и промежуточного контроля.

## **5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине**

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД литературные источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на контрольные вопросы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

## **5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой**

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к контрольным работам, тестированию, зачету/экзамену. Она включает проработку лекционного материала – изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);

- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1 Основная литература:**

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник. - Изд. 5-е, стер.. - М.: Высш. шк., 2005. - 462 с.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы : руководство к решению задач : учеб. пособие для вузов. - изд. 2-е, перераб. и доп.. - М.: Высш. шк., 2002. - 214 с.

### **6.2 Дополнительная литература:**

1. Горячкин, О. В. Статистическая теория радиотехнических систем : учебное пособие. - Весь срок охраны авторского права; Статистическая теория радиотехнических систем. - Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. - 92 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/75408.html>
2. Сидельников, Г. М., Макаров, А. А. Статистическая теория радиотехнических систем : учебное пособие. - 2021-09-20; Статистическая теория радиотехнических систем. - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. - 194 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/54801.html>
3. Тисленко, В. И. Статистическая теория радиотехнических систем : учебное пособие. - Весь срок охраны авторского права; Статистическая теория радиотехнических систем. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. - 160 с. - Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/72182.html>

### **6.3 Методические разработки:**

1. Штейнбрехер В.В., Пасечников И.И., Федоров В.А. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб.-метод. пособие. - Тамбов: [Издат. дом ТГУ им. Г.Р. Державина], 2013. - 134 с.

### **6.4 Иные источники:**

1. elibrary.tsutmb.ru - <https://elibrary.tsutmb.ru/>
2. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф> - <http://нэб.рф>
3. Электронная библиотека учебников - <http://studentam.net/content/category/1/2/5/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы** **Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа и практических занятий используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

**Лицензионное программное обеспечение:**



**ОС «Альт Образование», LibreOffice  
Microsoft Windows 10, Microsoft Office Professional.**

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Microsoft Windows 10

LibreOffice

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Scopus: база данных . – URL: <https://www.scopus.com>
2. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: <https://apps.webofknowledge.com>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: <https://biblioclub.ru>
5. Электронная библиотека ТГУ. – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru/>

**Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.