МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая теория радиотехнических систем

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5, 6**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	8	0	8	часов
2	Практические занятия	2	6	8	часов
3	Всего аудиторных занятий	10	6	16	часов
4	Самостоятельная работа	62	62	124	часов
5	Всего (без экзамена)	72	68	140	часов
6	Подготовка и сдача зачета	0	4	4	часов
7	Общая трудоемкость	72	72	144	часов
				4.0	З.Е.

Контрольные работы: 6 семестр - 1
Дифференцированный зачет: 6 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 35792

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от « 26 » 6 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «_26__» _____06_____ 2018__ года, протокол №___11___.

Разработчик:

профессор кафедры каф. РТС _____ В. И. Тисленко

Заведующий обеспечивающей каф. РТС _____ С. В. Мелихов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ЗиВФ _____ И. В. Осипов

Заведующий выпускающей каф. ТОР _____ А. А. Гельцер

Эксперты:

Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС) _____ В. А. Громов

Доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) _____ С. И. Богомолов

Согласована на портале № 35792

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Цель курса состоит

в изучении основ статистической теории синтеза оптимальных устройств обработки при решении задач различения, обнаружения и оценки параметров полезных сигналов при наличии помех в системах радиосвязи, радиолокации, радионавигации;

в изучении способов обработки сигналов и помех в устройствах обнаружения, различения и оценки неизвестных параметров сигналов при наличии помехи в виде собственного шума приемника.

1.2. Задачи дисциплины

- изучить статистическую методологию описания случайных сигналов;
- изучить статистические свойства и характеристики смеси регулярного сигнала и гауссовского шума;
- изучить взаимосвязь параметров регулярного сигнала и его частотно временной корреляционной функции;
- изучить характеристики линейного согласованного фильтра и принципы его построения для типовых сигналов;
- изучить характеристики и устройства оптимального различения (обнаружения) сигнала на фоне шума;
- изучить способы построения и алгоритмы обработки сигналов в оптимальных устройствах оценки параметров сигнала

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Статистическая теория радиотехнических систем» (Б1.В.ОД.9) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Статистическая теория радиотехнических систем, Радиотехнические цепи и сигналы.

Последующими дисциплинами являются: Статистическая теория радиотехнических систем, Многоканальные цифровые системы передачи, Радиотехнические системы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;
- ПК-4 способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов радиотехнических устройств и систем;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** физическкий смысл статистических характеристик случайных сигналов; взаимосвязь параметров полезного сигнала и параметров его частотно-временной корреляционной функции; постановку и методологию решения задач статистического синтеза оптимальных систем различения, обнаружения и оценки параметров радиосистемах связи , локации и навигации; типовые структуры статистически оптимальных устройств различения, обнаружения и оценки параметров радиосигналов на фоне белого гауссовского шума;
- **уметь** изложить постановку задачи синтеза оптимальных устройств обнаружения, различения и оценки параметров сигналов на фоне шума в терминах статистической теории проверки гипотез и теории оценок; представить обобщенные структурные схемы обнаружителя и различителя детерминированных сигналов и пояснить их работу; оценить влияние параметров радиосигнала и гауссовской помехи на потенциальные помехоустойчивости и точности систем радиосвязи, локации и навигации.
- **владеть** существующей в среде специалистов терминологией для статистической описания свойств сигналов и помех на основе методов статистической радиотехники

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в

Согласована на портале № 35792

таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		5 семестр	6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	16	10	6
Лекции	8	8	
Практические занятия	8	2	6
Самостоятельная работа (всего)	124	62	62
Проработка лекционного материала	5	5	0
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	87	57	30
Всего (без экзамена)	140	72	68
Подготовка и сдача зачета	4	0	4
Общая трудоемкость, ч	144	72	72
Зачетные Единицы	4.0		

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	пр. зан.	лаб.,	в (без	ируемые ко	
5 семестр						
1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах	3	0	17	20	ОПК-5	
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	5	2	45	52	ОПК-5, ПК-4	
Итого за семестр	8	2	62	72		
6 семестр						
3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	0	6	62	68	ОПК-5	
Итого за семестр	0	6	62	36		
Итого	8	8	92	108		

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	ое мк ос	ые ко
5 семестр			
1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических	Классификация сигналов и сообщений. Функция различия сигналов. Частотно-временная корреляционная функция узкополосного радиосигнала и ее структура. Функция	3	ОПК-5

Согласована на портале № 35792

системах	неопределенности радиосигнала и связь ее параметров с параметрами радиосигнала. Принцип неопределенности. Примеры функций неопределенности простых и сложных импульсных сигналов. Стационарная гауссовская случайная помеха. Белый шум. Статистические свойства огибающей и фазы смеси регулярного сигнала и гауссовской помехи.		
	Итого	3	
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	Общая характеристика задач статистической теории РТС. Согласованный линейный фильтр: импульсная реакция и комплексная частотная характеристика согласованного фильтра; форма сигнала на выходе и отношение уровней сигнала к шуму на выходе согласованного фильтра. Примеры построения согласованных фильтров: фильтр для прямоугольного радиоимпульса с прямоугольной огибающей; для прямоугольного радиоимпульса с фазокодовой манипуляцией (ФКМ), фильтр для пачки когерентных радиоимпульсов. Байесовская теория синтеза оптимального приемника - различителя (обнаружителя) сигнала при наличии помех: функция потерь; средний байесов риск; отношение правдоподобия. Структура оптимального приемника – различителя (обнаружителя) детерминированного сигнала на фоне белого гауссова шума: корреляционный приемник и приемник с согласованным фильтром. Статистические характеристика качества различения и обнаружения.	5	ОПК-5
	Итого	5	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин		
	1	2	3
Предшествующие дисциплины			
1 Статистическая теория радиотехнических систем	+	+	+
2 Радиотехнические цепи и сигналы	+	+	
Последующие дисциплины			
1 Статистическая теория радиотехнических систем	+	+	+

Согласована на портале № 35792

2 Многоканальные цифровые системы передачи	+	+	
3 Радиотехнические системы	+	+	

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Практ. зан.	Сам. раб.	
ОПК-5	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Выполнение контрольной работы, Опрос на занятиях, Тест, Дифференцированный зачет
ПК-4		+	+	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест, Дифференцированный зачет

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)	Формируемые компетенции
5 семестр			
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	Согласованный линейный фильтр. Корреляционный приемник. Оптимальный байесовский различитель (обнаружитель) – структура и характеристики качества.	2	ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
6 семестр			
3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	Постановка задачи синтеза оптимального измерителя неизвестного параметра радиосигнала на фоне гауссовского шума.Пример решения задачи синтеза оптимального измерителя начальной фазы детерминированного радиосигнала на фоне белого гауссовского шума.	6	ОПК-5
	Итого	6	
Итого за семестр		6	
Итого		8	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 35792

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость,	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	17	ОПК-5	Домашнее задание, Опрос на занятиях, Тест
	Итого	17		
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	40	ОПК-5, ПК-4	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	45		
Итого за семестр		62		
6 семестр				
3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	30	ОПК-5	Выполнение контрольной работы, Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Подготовка и сдача зачета	32		
	Итого	62		
Итого за семестр		30		
	Подготовка и сдача зачета	4		Дифференцированный зачет
Итого		128		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Статистические методы обработки сигналов в радиотехнических системах: Учебное пособие / Тисленко В. И. - 2007. 245 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2123 (дата обращения: 29.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. Учебное пособие для вузов. – М.: Радиотехника, 2003. - 398 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)
2. Липкин И.А. Основы статистической радиотехники, теории информации и кодирования. - М.: Сов. радио, 1978. – 235 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 19 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Статистическая теория радиотехнических систем: Учебно-методическое пособие по

Согласована на портале № 35792

практическим занятиям и организации самостоятельной работы по курсу / Тисленко В. И. - 2011. 43 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2120 (дата обращения: 29.06.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория информационных технологий

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Windows 7 Pro
- OpenOffice

Согласована на портале № 35792

– PTC Mathcad13, 14

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

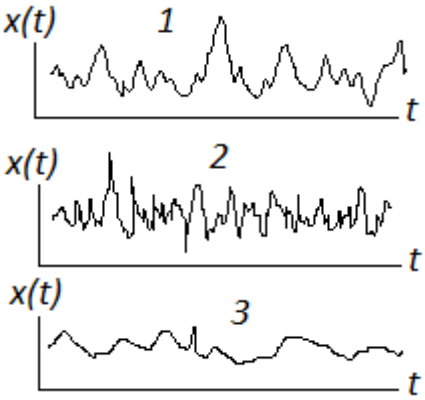
14.1.1. Тестовые задания

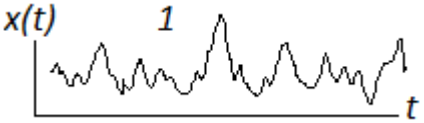
1	$X(t)$ - случайный аналоговый сигнал; $X_k = X(t_k)$		$\int_{-\infty}^{\infty} x_k \cdot W(x_k)\, dx_k$

Согласована на портале № 35792

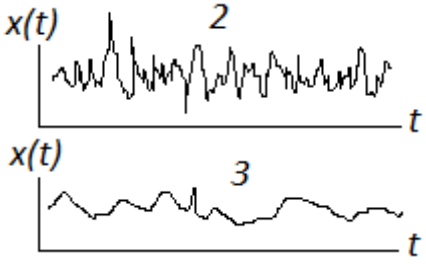
	- случайная величина - значение сигнала в дискретный момент времени t_k. Какое из указанных соотношений определяет среднее значение случайного сигнала. $W(x_k)$ - плотность вероятностей сигнала в k - й момент времени.		$\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k$, где n - число опытов
			$\sum_{k=0}^{n} x_k \cdot W(x_k)$
			$x_k \cdot W(x_k)$

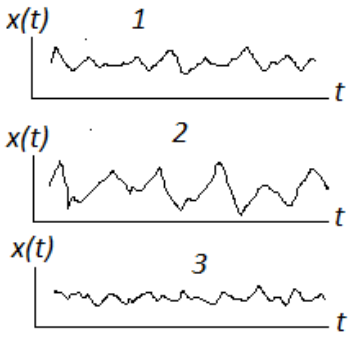
2	$X(t_k)$ - *случайный дискретный* во времени сигнал (напряжение на резисторе), принимающий в каждый дискретный момент времени два возможных значения: $x_1 = 2B$ и $x_2 = 4\,B$ с вероятностями $P_1 = 0.4\,u\,P_2 = 0.6$. Вычислить математическое ожидание m_x этого сигнала для произвольного дискретного момента времени. значений .		m_x = 3В
			m_x =3.2 В
			m_x =1.6 В
			m_x =0.5 В

3	 Выше в одном масштабе показаны три типичных записи для трех стационарных случайных сигналов. Укажите правильное соотношение для ширин $\Delta\tau_i$ нормированных временных автокорреляцинных функций этих сигналов.		$\Delta\tau_1 > \Delta\tau_2 > \Delta\tau_3$
			$\Delta\tau_1 > \Delta\tau_3 > \Delta\tau_2$
			$\Delta\tau_3 > \Delta\tau_1 > \Delta\tau_2$
			$\Delta\tau_2 > \Delta\tau_1 > \Delta\tau_3$

4			$\Delta\Omega_1 > \Delta\Omega_2 > \Delta\Omega_3$
			$\Delta\tau_1 > \Delta\tau_3 > \Delta\tau_2$

Согласована на портале № 35792

	 На осциллограммах в одном масштабе показаны три типичных записи для трех стационарных случайных сигналов. Укажите правильное соотношение для ширин спектральных функций (энергетических спектров) $\Delta\Omega_i$ этих сигналов.		$\Delta\Omega_2 > \Delta\Omega_1 > \Delta\Omega_3$
			$\Delta\Omega_3 < \Delta\Omega_1 < \Delta\Omega_2$

5	 Выше в одном масштабе показаны три типичных записи для трех стационарных случайных сигналов. Укажите правильное соотношение для дисперсий этих сигналов.		$D_1 > D_3 > D_2$
			$D_1 > D_2 > D_3$
			$D_3 > D_2 > D_1$
			$D_2 > D_1 > D_3$

6	Какое из указанных справа соотношений определяет временную автокорреляционную функцию детерминированного сигнала $s(t)$ конечной длительности.		$K_s(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot s(t-\tau)\, d\tau$
			$K_s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot s(t-\tau)\, dt$
			$K_s(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot s(t-\tau)\, dt$
			$K_s(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau) \cdot s(t-\tau)\, dt$

7	Что есть база радиосигнала?		Ширина огибающей временной автокорреляционной функции радиосигнала
			Эффективная протяженность сигнала

Согласована на портале № 35792

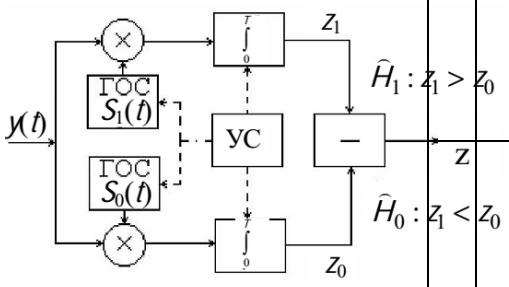
			Произведение ширины частотного спектра сигнала на его длительность во времени
			Ширина частотного спектра радиосигнала

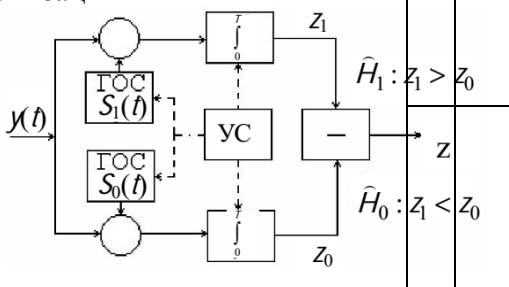
8	Имеем полностью известный детерминированный сигнал $s(t)$, поступающий на вход линейного фильтра в сумме с белым шумом $n(t)$. Какую задачу решает согласованный с сигналом линейный фильтр?		Обеспечивает наименьшее искажение полезного сигнала на своем выходе
			Максимально устраняет влияние шума на полезный сигнал
			Обеспечивает на своем выходе максимальное отношение уровня полезного сигнала к шуму
			Обеспечивает в некоторый момент времени наибольший уровень полезного сигнала на выходе.

9	Комплексная частотная характеристика $\dot{K}_{сф}(i\omega)$ согласованного линейного фильтра связана с комплексным спектром $\dot{S}(i\omega)$ полезного сигнала $s(t)$ длительностью τ_u следующим соотношением ($k = const$)		$\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}(i\omega) \cdot e^{-i\omega t_0}$; $t_0 \geq \tau_u$
			$\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}^*(i\omega) \cdot e^{i\omega t_0}$; $t_0 \geq \tau_u$
			$\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}^*(i\omega) \cdot e^{-i\omega t_0}$; $t_0 < \tau_u$
			$\dot{K}_{сф}(i\omega) = k \cdot \dot{S}^*(i\omega) \cdot e^{-i\omega t_0}$; $t_0 \geq \tau_u$

10	Импульсная реакция $h_{сф}(t)$ фильтра согласованного с сигналом $s(t)$ длительностью τ_u определена соотношением ($k = const; t_0 = const$)		$h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 + t)$; $t_0 \geq \tau_u$
			$h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 - t)$; $t_0 \geq \tau_u$
			$h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 - t)$; $t_0 < \tau_u$
			$h_{сф}(t) = k \cdot s(t_0 - t)$; $t_0 \geq \tau_u$

Согласована на портале № 35792

11	 УС – устройство синхронизации. На рис. показана структура оптимального различителя двух полностью известных детерминированных сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ на фоне белого гауссовского шума. Для входного сигнала $y(t)$ возможны две гипотезы $H_0 : y(t) = s_0(t) + n(t)$ или $H_1 : y(t) = s_1(t) + n(t)$. Полезные сигналы**:** радиоимпульсы с простой модуляцией**:** длительность $\tau_u = 1\,мс$ и амплитуда $A = 1\,мВ$. Уровень *сигнальной* компоненты в сигнале z_{1s}, если на входе *реализовалась гипотеза* H_1, имеет величину:		$z_{1s} = 2 \cdot 10^{-9}$ $z_{1s} = 0.5 \cdot 10^{-4}$ $z_{1s} = 0.5 \cdot 10^{-9}$ $z_{1s} = 0.5 \cdot 10^{-6}$

12	В схеме оптимального различителя двух полностью известных сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ на фоне гауссовского белого шума ГОС – генер-р опорн. сигнала; УС – устр-во синхронизации  .		Вычитающее устройство Сумматор Умножитель Делитель

Согласована на портале № 35792

	следует применить в качестве узла 		

13	Применение сложных радиосигналов с большой базой типа ЛЧМ и ФКМ позволяет при оптимальной обработке		не имеет преимуществ по сравнению с сигналами с простой модуляцией
			получить узкий по оси времени пик выходного сигнала по сравнению со случаем применения сигнала равной длительности и с простой модуляцией
			получить преимущества в разрешении сигналов по частоте и временной задержке только при большом отношении С/Ш
			увеличить длительность импульсного сигнала с одновременным расширением частотного спектра, что обеспечит формирование на выходе устройства обработки узкого пика выходного сигнала по частотной и временной оси, т.е.

14	Ширина главного сечения функции неопределенности радиосигнала по частотной оси		пропорциональна ширине частотного спектра радио сигнала
			обратно пропорциональна произведению длительности радиосигнала на ширину частотного спектра
			обратно пропорциональна длительности радиосигнала
			пропорциональна величине базы радиосигнала

15	Ширина главного сечения функции неопределенности радиосигнала по временной оси		пропорциональна величине базы радиосигнала
			обратно пропорциональна ширине частотного спектра радиосигнала
			обратно пропорциональна произведению длительности радиосигнала на ширину частотного спектра
			пропорциональна ширине частотного спектра радио сигнала

16	Какие *статистические* параметры оценки неизвестного параметра сигнала определяют качество этой оценки		Статистическое среднее значение разности между истинным значением параметра и оценкой этого параметра
			Дисперсия оценки

Согласована на портале № 35792

			Разность между истинным значением параметра и оценкой
			Средний квадрат погрешности (ошибки)

17	Метод наименьших квадратов используют для решения задач		Обнаружения полезного сигнала на фоне шума
			Сглаживания наблюдаемого случайного сигнала и оценки неизвестных параметров сглаженной функции (сигнала)
			Различения сигналов
			Разрешения сигналов

18	Для экспериментальной оценки среднего значения (математического ожидания) случайной величины используют выборочное среднее значение (среднее арифметическое последовательности наблюдений). При этом рассеяние оценки – ее среднее квадратическое отклонение (СКО) зависит		Только от объема выборки
			Только от СКО случайной величины
			Не зависит от объема выборки
			Пропорционально СКО случайной величины и обратно пропорционально квадратному корню из объема выборки

19	В приемнике обнаружения полезного сигнала на фоне шума вероятность события - ложная тревога зависит от		уровня полезного сигнала на входе порогового устройства
			уровня шума на входе порогового устройства
			Отношения мощности полезного сигнала к мощности шума
			отношения величины порога к среднеквадратичному значению шума на входе порогового устройства

20	Сигнал на входе приемника $y(t_k) = s(t_k;\lambda) + n(t_k)$ $s(t_k)$ полезный сигнал; $n(t_k)$ - гауссовский некоррелированный шум с нулевым средним значением и дисперсией σ_n^2; λ - неизвестный параметр полезного сигнала. На интервале обработки образована выборка		$W(\vec{\mathbf{y}}/\lambda) = 1/\left[(2\pi)^{N/2}\cdot\sigma^N\right]\cdot\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2}\sum_{k=1}^{N}\left(y_k - s_k(\lambda)\right)^2\right] \equiv L_{\vec{\mathbf{y}}}(\lambda)$
			$W(\vec{\mathbf{y}}/\lambda) = 1/\left[(2\pi)^{N/2}\cdot\sigma^N\right]\cdot\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2}\sum_{k=1}^{N}\left(s_k(\lambda)\right)^2\right] \equiv L_{\vec{\mathbf{y}}}(\lambda)$
			$W(\vec{\mathbf{y}},\lambda) = 1/\left[(2\pi)^{N/2}\cdot\sigma^N\right]\cdot\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2}\sum_{k=1}^{N}\left(y_k^2\right)\right] \equiv L_{\vec{\mathbf{y}}}(\lambda)$

Согласована на портале № 35792

	$\vec{\mathbf{y}} = \{y_k; k = 1,..., N\}$ из N отсчетов сигнала $y(t_k) \equiv y_k$. Укажите выражение для функции правдоподобия		$L_{\vec{\mathbf{y}}}(\lambda) = \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_n^2} \sum_{k=1}^{N} \left(-s_k^2(\lambda) \right) \right]$

14.1.2. Темы опросов на занятиях

Классификация сигналов и сообщений. Функция различия сигналов. Частотно-временная корреляционная функция узкополосного радиосигнала и ее структура. Функция неопределенности радиосигнала и связь ее параметров с параметрами радиосигнала. Принцип неопределенности. Примеры функций неопределенности простых и сложных импульсных сигналов.

Стационарная гауссовская случайная помеха. Белый шум. Статистические свойства огибающей и фазы смеси регулярного сигнала и гауссовской помехи.

Общая характеристика задач статистической теории РТС. Согласованный линейный фильтр: импульсная реакция и комплексная частотная характеристика согласованного фильтра; форма сигнала на выходе и отношение уровней сигнала к шуму на выходе согласованного фильтра. Примеры построения согласованных фильтров: фильтр для прямоугольного радиоимпульса с прямоугольной огибающей; для прямоугольного радиоимпульса с фазокодовой манипуляцией (ФКМ), фильтр для пачки когерентных радиоимпульсов.

Байесовская теория синтеза оптимального приемника - различителя (обнаружителя) сигнала при наличии помех: функция потерь; средний байесов риск; отношение правдоподобия.

Структура оптимального приемника – различителя (обнаружителя) детерминированного сигнала на фоне белого гауссова шума: корреляционный приемник и приемник с согласованным фильтром. Статистические характеристика качества различения и обнаружения.

14.1.3. Темы домашних заданий

Частотно-временная корреляционная функция (ЧВКФ) узкополосного радиосигнала. Взаимосвязь параметров радиосигнала и параметров огибающей ЧВКФ. Функция неопределенности и ее свойства. Типы сигналов с большой базой.

Постановка задачи оптимальной линейной фильтрации по критерию отношения С/Ш. Согласованный фильтр, его системные функции. Свойства сигнала на выходе фильтра.

Постановка задачи синтеза оптимального различителя 2-х сигналов на фоне помехи в статистической теории проверки гипотез. Понятие среднего риска. Решающее правило. Отношение правдоподобия. Структура оптимального различителя 2-х известных сигналов на фоне белого гауссовского шума. Характеристики качества приемника-различителя.

Постановка задачи синтеза оптимального измерителя неизвестного параметра полезного сигнала на фоне помехи в статистической теории оценок. Байесовский риск. Апостериорная плотность вероятностей и типы оптимальных оценок. Функция правдоподобия и МП оценки.

14.1.4. Вопросы на самоподготовку

Частотно-временная корреляционная функция (ЧВКФ) узкополосного радиосигнала. Взаимосвязь параметров радиосигнала и параметров огибающей ЧВКФ. Функция неопределенности и ее свойства. Типы сигналов с большой базой.

Постановка задачи оптимальной линейной фильтрации по критерию отношения С/Ш. Согласованный фильтр, его системные функции. Свойства сигнала на выходе фильтра.

Постановка задачи синтеза оптимального различителя 2-х сигналов на фоне помехи в статистической теории проверки гипотез. Понятие среднего риска. Решающее правило. Отношение правдоподобия. Структура оптимального различителя 2-х известных сигналов на фоне белого гауссовского шума. Характеристики качества приемника-различителя.

Постановка задачи синтеза оптимального измерителя неизвестного параметра полезного сигнала на фоне помехи в статистической теории оценок. Байесовский риск. Апостериорная

Согласована на портале № 35792

плотность вероятностей и типы оптимальных оценок. Функция правдоподобия и МП оценки.

14.1.5. Темы контрольных работ

Постановка задачи оптимальной линейной фильтрации по критерию отношения С/Ш. Согласованный фильтр, его системные функции. Свойства сигнала на выходе фильтра.Структура согласованного фильтра для одиночного радиоимпульса с ФКМ.

Постановка задачи синтеза оптимального различителя 2-х сигналов на фоне помехи в статистической теории проверки гипотез. Понятие среднего риска. Решающее правило. Отношение правдоподобия. Структура оптимального различителя 2-х известных сигналов на фоне белого гауссовского шума. Характеристики качества приемника-различителя 2-х сигналов с модуляцией BPSK.

14.1.6. Вопросы дифференцированного зачета

1. Статистическое описание смеси регулярного сигнала и гауссовской узкополосной случайной помехи. Свойства огибающей и фазы.
2. Постановка задачи синтеза линейного оптимального по критерию отношения С/Ш фильтра для случая регулярного сигнала и белого шума. Характеристики согласованного фильтра.

1. Статистическое описание случайного сигнала (функции). Перечислите и объясните содержание тех понятий, которые используются для статистического описания.
2. Функция различия двух детерминированных радиосигналов по не энергетическому параметру (временная задержка, частотный сдвиг). Частотно-временная корреляционная функция узкополосного радиосигнала. Взаимосвязь параметров этой функции и параметрами радиосигнала.

1. Функция неопределенности (ФН) радиосигнала: свойства и принцип неопределенности в радиолокации. Взаимосвязь параметров ФН с параметрами радиосигнала. Простые и сложные сигналы.
2. Постановка задачи оптимального различения двух детерминированных радиосигналов на фоне белого гауссовского шума. Интерпретация результата решения.

1. Оптимальный обнаружитель известного радиосигнала на фоне белого гауссовского шума: критерий оптимальности, структура обнаружителя, характеристики качества работы. Осциллограммы процессов в структурной схеме обнаружителя.
2. Статистические свойства огибающей и фазы стационарного узкополосного гауссовского шума.

1. Постановка задачи синтеза оптимального измерителя неизвестного параметра сигнала на фоне помехи: байесовский подход: критерии оптимальности и типы оценок. Максимально правдоподобные оценки параметра. Пример оценки постоянного неизвестного параметра на фоне белого гауссовского шума.
2. Что есть разрешающая способность РЛС по дальности? Какие параметры радиосигнала определяют предельную величину разрешающей способности по дальности?

1. Типовые структуры максимально-правдоподобных измерителей неизвестного параметра радиосигнала на примере измерителя временного положения импульсного радиосигнала. Потенциальная точность оценки временного положения сигнала.
2. Согласованный фильтр: критерий оптимальности, системные характеристики фильтра: комплексная частотная характеристика и импульсная реакция. Осциллограммы сигналов на входе и выходе фильтра для случая полезного сигнала с простой и сложной модуляцией.

1. Статистические параметры, определяющие свойства оценок неизвестных параметров сигналов при наличии помех.
2. Задача оценки неизвестной начальной фазы регулярного радиосигнала на фоне белого гауссовского шума: структура измерителя, СКО оценки.

Согласована на портале № 35792

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 35792