

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенов Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**

Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы и комплексы**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра радиотехнических систем (РТС)**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	14	14	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	50	50	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	6

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. 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.

2. 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

1. - 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

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль специальности (general hard skills – GHS).

Индекс дисциплины: Б1.О.03.23.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		

ОПК-3. Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-3.1. Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования	Знать методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования
	ОПК-3.2. Умеет анализировать, моделировать и прогнозировать поведение радиоэлектронных систем и комплексов	Уметь анализировать, моделировать и прогнозировать поведение радиоэлектронных систем и комплексов
	ОПК-3.3. Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании	Владеть навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании
ОПК-4. Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	ОПК-4.1. Знает основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных	Знать основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных
	ОПК-4.2. Умеет выбирать эффективную методику экспериментальных исследований	Уметь выбирать эффективную методику экспериментальных исследований
	ОПК-4.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных	Владеть навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных
<b>Профессиональные компетенции</b>		
-	-	-

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	58	58
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	14	14
Лабораторные занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	50	50
Подготовка к тестированию	28	28
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	22	22
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	36	36
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	144	144
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	4	4

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>						
1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах	8	4	8	10	30	ОПК-3, ОПК-4
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	12	5	4	25	46	ОПК-3, ОПК-4
3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	8	5	4	15	32	ОПК-3, ОПК-4
Итого за семестр	28	14	16	50	108	
Итого	28	14	16	50	108	

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			

<p>1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах</p>	<p>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. Радиоканал и его свойства. Модель сигнала в однолучевом и многолучевом каналах. Пространственные частотные и временные искажения структуры электромагнитного поля в месте приема. Гауссовская модель полезного сигнала в многолучевом канале.</p>	<p>8</p>	<p>ОПК-3, ОПК-4</p>
	<p>Итого</p>	<p>8</p>	

<p>2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи</p>	<p>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.</p>	<p>12</p>	<p>ОПК-3, ОПК-4</p>
	<p>Итого</p>	<p>12</p>	

3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	Оценки параметров сигналов и их свойства. Байесовская теория оценок: функция потерь; байесовский риск; оптимальные байесовские оценки. Функция правдоподобия и максимально правдоподобные оценки. Совместные оценки. Метод наименьших квадратов: оператор оценки в линейных моделях; статистические свойства оценок МНК. Примеры оценок неизвестных параметров. Общая структурная схема оптимального измерителя параметра сигнала известной формы. Статистические характеристики (среднее и дисперсия) максимально правдоподобной оценки параметра сигнала при большом отношении уровня сигнала к шуму. Оптимальная оценка амплитуды и начальной фазы регулярного сигнала. Информация по Фишеру. Неравенство Крамера – Рао.	8	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	8	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			

1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах	Функция различия сигналов. Частотно-временная корреляционная функция узкополосного сигнала. Функция неопределенности сигнала. Принцип неопределенности в радиолокации. Статистические свойства сигналов и помех. Распределение вероятностей огибающей и фазы смеси сигнала и гауссовского шума. Экспериментальная оценка характеристик случайных сигналов.	4	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	4	
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	Согласованный линейный фильтр. Корреляционный приемник. Оптимальный байесовский различитель (обнаружитель) – структура и характеристики качества.	5	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	5	
3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	Байесовская теория оценок. Оценки максимального правдоподобия. Оценки по методу наименьших квадратов. Свойства оценок.	5	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	5	
Итого за семестр		14	
Итого		14	

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>6 семестр</b>			
1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах	Статистическое описание случайных сигналов.	4	ОПК-3, ОПК-4
	Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума	4	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	8	



2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума	4	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	4	
3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	Изучение методов оценки неизвестных параметров полезного сигнала при наличии помех	4	ОПК-3, ОПК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>6 семестр</b>				
1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах	Подготовка к тестированию	5	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	ОПК-3, ОПК-4	Лабораторная работа
	Итого	10		
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	Подготовка к тестированию	13	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	ОПК-3, ОПК-4	Лабораторная работа
	Итого	25		
3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	Подготовка к тестированию	10	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	ОПК-3, ОПК-4	Лабораторная работа
	Итого	15		
Итого за семестр		50		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		86		

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной

деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-3	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен
ОПК-4	+	+	+	+	Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
<b>6 семестр</b>				
Лабораторная работа	5	15	20	40
Тестирование	5	10	15	30
Экзамен				30
Итого максимум за период	10	25	35	100
Нарастающим итогом	10	35	70	100

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Статистические методы обработки сигналов в радиотехнических системах: Учебное пособие / В. И. Тисленко - 2007. 245 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2123>.

### 7.2. 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.).

3. Статистическая теория радиотехнических систем: Учебное пособие / В. И. Тисленко - 2016. 160 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6554>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Статистическая теория радиотехнических систем: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и организации самостоятельной работы по курсу / В. И. Тисленко - 2011. 43 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2120>.

2. Статистическая теория радиотехнических систем: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и организации самостоятельной работы / В. И. Тисленко - 2016. 43 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6546>.

3. Статистические методы обработки сигналов в радиотехнических системах: Учебное пособие / В. И. Тисленко - 2007. 245 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2123>.

#### 7.3.2. 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.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной

мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

## **8.2. 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:

- Adobe Acrobat Reader;
- Scilab;

## **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

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:

- Adobe Acrobat Reader;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;

## **8.4. 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.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную

информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

### **8.5. 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 зрения** 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.

## **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Математические модели сигналов и помех в радиотехнических системах	ОПК-3, ОПК-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов на фоне помехи	ОПК-3, ОПК-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

3 Основы статистической теории оценок неизвестных параметров сигнала при наличии помех. Разрешение сигналов по параметрам.	ОПК-3, ОПК-4	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.

4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что есть база радиосигнала?
  - 1 Ширина огибающей временной автокорреляционной функции радиосигнала.
  - 2 Эффективная протяженность сигнала.
  - 3 Произведение ширины частотного спектра сигнала на его длительность во времени.
  - 4 Ширина частотного спектра радиосигнала.
2. Применение сложных радиосигналов с большой базой типа ЛЧМ и ФКМ при оптимальной обработке сигнала в согласованном фильтре :
  - 1 не имеет преимуществ по сравнению с сигналами с простой модуляцией ;
  - 2 позволяет получить узкий по оси времени пик выходного сигнала СФ по сравнению со случаем применения сигнала равной длительности, но с простой модуляцией ;
  - 3 получить преимущества в разрешении сигналов по частоте и временной задержке только при большом отношении С/Ш ;
  - 4 увеличить длительность импульсного сигнала .
3. Главное сечение функции неопределенности радиосигнала вдоль частотной оси есть частотная автокорреляционная функция этого сигнала . Ее ширина :
  - 1 пропорциональна ширине частотного спектра радио сигнала ;
  - 2 обратно пропорциональна произведению длительности радиосигнала на ширину частотного спектра;
  - 3 обратно пропорциональна длительности радиосигнала ;
  - 4 пропорциональна величине базы радиосигнала.
4. Главное сечение функции неопределенности радиосигнала по временной оси есть временная АКФ этого сигнала. Ширина огибающей АКФ :
  - 1 пропорциональна величине базы радиосигнала ;
  - 2 обратно пропорциональна ширине частотного спектра радиосигнала ;
  - 3 обратно пропорциональна произведению длительности радиосигнала на ширину частотного спектра ;
  - 4 пропорциональна ширине частотного спектра радио сигнала.
5. Метод наименьших квадратов используют для решения задач :
  - 1 Обнаружения полезного сигнала на фоне шума.
  - 2 Сглаживания наблюдаемого случайного сигнала и оценки неизвестных параметров сглаженной функции (сигнала) .
  - 3 Различения сигналов .
  - 4 Разрешения сигналов.
6. В приемнике обнаружения полезного сигнала на фоне собственного шума вероятность события - ложная тревога зависит от:
  - 1 уровня полезного сигнала на входе порогового устройства;
  - 2 уровня шума на входе порогового устройства;
  - 3 отношения мощности полезного сигнала к мощности шума
  - 4 отношения величины порога к среднеквадратичному значению шума на входе порогового устройства .
7. Для экспериментальной оценки среднего значения (математического ожидания) случайной величины используют выборочное среднее значение (среднее арифметическое последовательности наблюдений). При этом рассеяние оценки – ее среднее квадратичное

- отклонение (СКО) зависит:
- 1 Только от объема выборки.
  - 2 Только от СКО случайной величины.
  - 3 Не зависит от объема выборки.
  - 4 Пропорционально СКО случайной величины и обратно пропорционально квадратному корню из объема выборки .
8. Потенциальная разрешающая способность по дальности радиолокационного приемника при прочих равных условиях:
    - 1 возрастает с увеличением длительности излученного радиосигнала;
    - 2 снижается с увеличением длительности излученного радиосигнала;
    - 3 возрастает с увеличением ширины частотного спектра излученного радиосигнала;
    - 4 не зависит от ширины спектра излученного радиосигнала.
  9. Оптимальны согласованный фильтр обеспечивает на своем выходе при подаче на вход известного сигнала в смеси с белым шумом :
    - 1 минимальное искажение формы полезного входного сигнала;
    - 2 максимальную величину мощности полезного сигнала на выходе;
    - 3 минимальную величину мощности шума на выходе;
    - 4 максимальное отношение мощности полезного сигнала на выходе к мощности шума.
  10. Какие статистические характеристики оценки неизвестного параметра сигнала определяют качество этой оценки
    - 1 Статистическое среднее значение разности между истинным значением параметра и оценкой этого параметра.
    - 2 Дисперсия оценки.
    - 3 Разность между истинным значением параметра и оценкой .
    - 4 Средний квадрат погрешности (ошибки).

### **9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов**

1. Статистические свойства огибающей и фазы аддитивной смеси регулярного сигнала и белого гауссовского шума.
2. Частотно-временная автокорреляционная функция узкополосного радиосигнала. Общая структура и свойства.
3. Постановка задачи синтеза оптимального различителя двух сигналов на фоне помехи. Байесовская теория , общее решение. Структура оптимального различителя 2-х известных сигналов на фоне аддитивного белого гауссовского шума.
4. Постановка задачи синтеза оптимального алгоритма оценки неизвестного параметра полезного сигнала на фоне помехи. Байесовская теория. Общее решение. Пример : оценка постоянного неслучайного параметра на фоне гауссовского шума (дискретные наблюдения).
5. Статистические характеристики качества оценок полезных параметров . Пример: максимально правдоподобная оценка математического ожидания наблюдаемой гауссовской случайной величины. Смещение и дисперсия оценки.

### **9.1.3. Темы лабораторных работ**

1. Статистическое описание случайных сигналов.
2. Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума
3. Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума
4. Изучение методов оценки неизвестных параметров полезного сигнала при наличии помех

### **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком



учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. 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 9.2.

Таблица 9.2 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### **9.4. 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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС  
протокол № 4 от «19» 11 2020 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. РТС	А.А. Мещеряков	Согласовано, 5bbb058c-a625-4513- 8e7f-25eb16694704
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.А. Мещеряков	Согласовано, 5bbb058c-a625-4513- 8e7f-25eb16694704
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4aba- 845d-9ce7670b004c

### ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. РТС	В.А. Громов	Согласовано, bbaa5b2b-4c38-484f- a5bb-85f9ddafe277
Старший преподаватель, каф. РТС	Д.О. Ноздреватых	Согласовано, bd0039b0-9c48-4859- 9803-60c9ddba7116

### РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. РТС	В.И. Тисленко	Разработано, 0a2d8cc6-e8bf-4fb0- 87ba-b09504ddfbf0
---------------------	---------------	--