

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 05.09.2022 17:45:27  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Радиоэлектронные средства  
информационного обмена»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

**«СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

по профилю

**«Радиоэлектронные средства информационного обмена»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, к.т.н профессор Ю. Д. Ульяницкий

доцент, к.т.н. доцент А. С. Маругин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РС

20.03.2019, протокол № 4

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФРТ, 15.04.2019, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	РС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	4
Семестр	7
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	4

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

Данная дисциплина является теоретической базой для совокупности курсов, связанных с задачами передачи, извлечения и обработки информации. Ее цель состоит в том, чтобы ознакомить учащихся с основами методов обработки сигналов, принимаемых на фоне помех той или иной природы.

В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть методологией синтеза и анализа качественных показателей оптимальных устройств обнаружения, различения и оценки параметров сигналов, входящих в состав радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов, систем передачи информации.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«STATISTICAL THEORY OF RADIOSYSTEMS»**

This discipline is the theoretical basis for a set of courses related to the transfer of tasks, retrieving, and processing information. Its aim is to familiarize students with the basics of signal processing techniques, taken against the background noise of a different nature.

As a result of studying the discipline, students should master the methodology of synthesis and analysis of qualitative indicators of optimal detection devices, discernment and evaluation of signal parameters that make up the radar and navigation systems and the data transmission systems.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Изучение основ теории оптимального приема сообщений и методологии синтеза алгоритмов обработки сигналов в информационных системах.
2. Формирование знаний, умений и навыков разработки обнаружителей, и различителей и измерителей параметров сигналов инфокоммуникационных систем на фоне мешающих воздействий.
3. Получение знаний основных моделей случайных процессов, методов математического описания полей и каналов передачи сигналов и помех.
4. Формирование умений синтезировать структуры оптимальных различителей, обнаружителей и измерителей параметров сигналов на фоне гауссовских шумов, рассчитывать их качественные показатели, анализировать помехоустойчивость алгоритмов статистической обработки информации и эффективность применения тех или иных разновидностей сигналов.
5. Освоение навыков синтеза и анализа качественных показателей оптимальных устройств обнаружения, различения и оценки параметров сигналов, входящих в состав систем передачи информации

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический аппарат радиотехники»
2. «Радиотехнические цепи и сигналы»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-3	Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств инфокоммуникаций, использованию и внедрению результатов исследований
<i>ПК-3.1</i>	<i>Знает основы сетевых технологий, нормативно-техническую документацию, требования технических регламентов, международные и национальные стандарты в области качественных показателей работы инфокоммуникационного оборудования</i>
<i>ПК-3.2</i>	<i>Умеет работать с программным обеспечением, используемым при обработке информации инфокоммуникационных систем и их составляющих</i>
<i>ПК-3.3</i>	<i>Владеет навыками анализа оперативной информации о запланированных и аварийных работах, связанных с прерыванием предоставления услуг, контроля качества предоставляемых услуг</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			
2	Сигналы современных информационных систем	2	2		6
3	Математическое описание случайных процессов и полей	4	4		11
4	Некоторые математические модели случайных процессов и полей	2	2		6
5	Информационные системы, их синтез и адаптация	2	2		6
6	Основные понятия теории статистических решений	5	4		11
7	Основы теории различения и обнаружения сигналов	5	6		9
8	Алгоритмы и устройства оптимального обнаружения и различения сигналов	4	6		10
9	Основы теории оценки параметров сигналов	4	4		12
10	Примеры реализации и расчета точности алгоритмов оценки параметров сигналов	2	4		4
11	Заключение	2		1	
	Итого, ач	34	34	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Роль математических методов в развитии статистической радиотехники. Краткая характеристика основных проблем, изучаемых в рамках статистической радиотехники и основные направления ее развития (статистическая радиофизика, статистическая теория связи).
2	Сигналы современных информационных систем	Классификация информационных систем. Представление пространственно-временных и временных сигналов с помощью понятий и категорий функционального анализа. Пространство сигналов. Дискретное представление сигналов. Интегральное представление сигналов

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Математическое описание случайных процессов и полей	<p>Многомерные распределения вероятностей и функции плотности. Представление реализаций случайных процессов с помощью рядов по ортогональным системам функций. Классификация случайных процессов.</p> <p>Случайные поля. Однородные и изотропные случайные поля. Спектрально-корреляционное описание случайных полей. Векторные случайные поля</p>
4	Некоторые математические модели случайных процессов и полей	Гауссовский случайный процесс и его статистические характеристики. Узкополосный гауссовский процесс. Огибающая и фаза. Суперпозиция гармонического сигнала и узкополосного гауссовского процесса.
5	Информационные системы, их синтез и адаптация	Классификация информационных систем. Статистический синтез и его методологическая основа. Априорная неопределенность и адаптация
6	Основные понятия теории статистических решений	<p>Принятие решений в информационных системах. Потери и риск, связанные с ошибочными действиями. Байесовские правила и их частные случаи. Последовательные решения. Проверка сложных гипотез. Классы оптимальных критериев. Равномерно наиболее мощные решающие правила. Несмещенные и инвариантные правила. Асимптотически оптимальные правила. Устойчивость статистических решений.</p>
7	Основы теории различения и обнаружения сигналов	Содержание и классификация задач различения и обнаружения сигналов. Различение (обнаружение) детерминированных сигналов. Различение (обнаружение) сигналов со случайными параметрами. Отношение правдоподобия для задач различения (обнаружения) сигналов на фоне аддитивного гауссовского шума.
8	Алгоритмы и устройства оптимального обнаружения и различения сигналов	<p>Обнаружение детерминированного сигнала. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой. Обнаружение группы импульсов. Обнаружение случайных сигналов. Обнаружение оптических сигналов. Различение детерминированных сигналов. Оптимизация совокупности различаемых сигналов. Различение сигналов со случайными начальными фазами.</p>
9	Основы теории оценки параметров сигналов	<p>Содержание и классификация задач измерения параметров сигналов. Байесовские оценки случайных параметров сигналов. Критерий оценки неслучайных параметров сигналов. Неравенство Крамера-Рао. Эффективные оценки. Оценки по максимуму правдоподобия. Оценки по максимуму правдоподобия при наличии у сигнала неинформационных параметров. Статистические характеристики оценок по максимуму правдоподобия. Аномальные ошибки и пороговые эффекты при оценке параметров сигналов</p>



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
10	Примеры реализации и расчета точности алгоритмов оценки параметров сигналов	Раздельные и совместные оценки амплитуды и фазы радиосигнала. Оценка запаздывания детерминированного сигнала. Потенциальная точность измерения временного положения сигнала. Раздельные и совместные оценки запаздывания и частоты сигналов со случайной фазой. Потенциальная точность частотно-временных измерений и ее связь с шириной спектра, длительностью и коэффициентом частотно-временной связи сигнала.
11	Заключение	Перспективы развития статистической радиотехники. Краткая характеристика дисциплин, в которых будут использоваться и развиваться основные идеи данного курса

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. 1. Описание сигналов современных информационных систем	4
2. 2. Математическое описание случайных процессов и полей	4
3. 3. Гауссовские случайные процессы и их статистические характеристики	4
4. 4. Синтез и анализ устройств обнаружения сигналов	6
5. Синтез и анализ устройств различения сигналов	4
6. 6. Оптимизация ансамблей различаемых сигналов	4
7. 7. Синтез алгоритмов оценивания параметров сигналов	4
8. 8. Точность оценок параметров сигналов	4
Итого	34

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	8
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	16
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	16
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Радиотехнические системы [Текст] : учеб. для вузов по направлению "Радиотехника" / [Ю.М. Казаринов [и др.]] ; под ред. Ю.М. Казаринова, 2008. -590 с.	74
2	Радиотехнические системы [Текст] : [учеб. для вузов по специальности "Радиотехника"] / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов [и др.] ; под ред. Ю.М. Казаринова, 1990. -496 с.	269
Дополнительная литература		
1	Радиотехнические системы передачи информации [Текст] : учеб. пособие / Ю.М. Казаринов, Л.Я. Новосельцев, В.Н. Смирнов и др., 1989. -61 с.	282

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Раздел Теория обнаружения <a href="http://sernam.ru/lect_r.php">http://sernam.ru/lect_r.php</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10398>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Статистическая теория радиотехнических систем» формой промежуточной аттестации является экзамен. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

#### Экзамен

Оценка	Количество баллов	Описание
Неудовлетворительно	0 – 51	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий
Удовлетворительно	52 – 67	теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки
Хорошо	68 – 84	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
Отлично	85 – 100	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному

## Особенности допуска

К экзамену допускается студент, получивший положительные оценки за все контрольные работы. Экзамен проходит по билетам.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	1. Математическое описание детерминированных сигналов.
2	2. Математическое описание случайных процессов. Плотность вероятности, функция распределения, моментные функции
3	3. Математическое описание случайных процессов. Корреляционная функция и спектральная плотность мощности случайного процесса.
4	4. Гауссовские случайные процессы
5	5. Функционал плотности вероятности гауссовского случайного процесса

### Форма билета

Экзаменационный билет состоит из двух вопросов и одной задачи. Первоначально производится решение задачи, успешное осуществление которой является допуском к ответам на теоретические вопросы.

### Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

#### Контрольная № 1

1. Дайте определение линейного фильтра.
2. Что такое физически реализуемый?
3. Каким требованиям должны удовлетворять импульсная характеристика и комплексный коэффициент передачи линейного фильтра?
4. Чем отличаются импульсные характеристики стационарного и нестационарного линейных фильтров?
5. Как связаны между собой импульсная характеристика и комплекс-

ный коэффициент передачи стационарного линейного фильтра?

### Контрольная № 2

1. Как формулируется задача обнаружения сигналов?
2. Какой информацией располагает разработчик обнаружителя и как она структурируется?
3. Что такое матрица потерь?
4. Как записывается выражение для средних потерь в задаче обнаружения сигнала?
5. Что такое пространство наблюдения? Как с его помощью можно описать работу обнаружителя?

### Контрольная № 3

1. Как формулируется задача различения полностью известных сигналов?
2. Какие критерии оптимальности используются при различении сигналов?
3. Запишите алгоритм различения двух полностью известных сигналов на фоне АБГШ, оптимальный по критерию максимального правдоподобия.
4. Проиллюстрируйте графически различение двух сигналов на фоне АБГШ. Какая пара равновероятных сигналов одинаковой энергии при фиксированном значении СПМ АБГШ обеспечит минимум вероятности ошибки различения сигналов?
5. Обобщите ответ на вопрос 4 на случай различения равновероятных сигналов одинаковой энергии.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3



### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Математическое описание случайных процессов и полей	
2		
3		
4		
5		Контрольная работа
6	Некоторые математические модели случайных процессов и полей	
7		Контрольная работа
8	Основы теории различения и обнаружения сигналов	
9		
10		
11		
12		Коллоквиум
14	Основы теории различения и обнаружения сигналов	
15		Контрольная работа
16	Основы теории оценки параметров сигналов	
17		

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

Оценка за **итоговую контрольную работу** выставляется по четырехбалльной шкале по следующим критериям:

«отлично» - ответ на вопрос раскрыт полностью;

«хорошо» -вопрос раскрыт не полностью;

«удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки;

«неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная доска	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, ПК или ноутбук, проектор, экран, маркерная доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>
1	20.05.2020	Программа актуальна, изменения не требуются	20.05.2020, протокол № 3	профессор, к.т.н, профессор Ю. Д. Ульяницкий	
2	20.04.2021	Программа актуальна, изменения не требуются	20.04.2021, протокол № 2	профессор, к.т.н, профессор Ю. Д. Ульяницкий	
3	29.03.2022	Программа актуальна, изменения не требуются	29.03.2022, протокол № 3	профессор, к.т.н, профессор Ю. Д. Ульяницкий	