

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Радиотехнических систем»

«СОГЛАСОВАНО»

Декан факультета РТ

\_\_\_\_\_/ Холопов И.С.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

\_\_\_\_\_/ Корячко А.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Заведующий кафедрой РТС

\_\_\_\_\_/ Кошелев В.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.05 «СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РТС»**

Направление подготовки

11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль) подготовки

Радиотехнические системы локации, навигации и телевидения

Уровень подготовки

бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – заочная

Рязань 2020 г

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного приказом Минобрнауки № 931 от 19.09.2017 г.

Разработчики  
профессор кафедры «Радиотехнических систем»  
Попов Дмитрий Иванович

---

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой  
Радиотехнических систем  
Кошелев Виталий Иванович

---

(подпись)

(Ф.И.О.)

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы бакалавриата**

**Цель изучения дисциплины:** получение знаний, навыков и умений по методам статистической теории обработки сигналов, принимаемых на фоне помех той или иной природы.

**Задачи изучения дисциплины:** изучить методологию синтеза и анализа качественных показателей оптимальных устройств обнаружения, различения и оценивания параметров сигналов, входящих в состав радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов, систем передачи информации.

**Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам)**

<b>Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)</b>	<b>Типы задач профессиональной деятельности</b>	<b>Задачи профессиональной деятельности</b>	<b>Объекты профессиональной деятельности (или области знания)</b>
06 (06.0005) Связь, информационные и коммуникационные технологии	научно - исследовательский	<p>Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения.</p> <p>Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников.</p> <p>Математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров</p> <p>Разработка методов приема, передачи и обработки сигналов, обеспечивающих рост технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры.</p> <p>Проведение аппаратного макетирования и экспериментальных работ по проверке достижимости технических характери-</p>	Радиотехнические комплексы, системы, и устройства приема, передачи и обработки сигналов, методы и средства их моделирования, экспериментальной отработки.

		<p>стик, планируемых при проектировании радиоэлектронной аппаратуры. Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации.</p> <p>стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.</p>	
	<p>проектный</p>	<p>Разработка структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений.</p> <p>Проведение предварительного технико-экономического обоснования проектов радиотехнических устройств и систем.</p> <p>Сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.</p> <p>Расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.</p> <p>Разработка проектной и технической документации, оформление закон-</p>	<p>Радиотехнические комплексы, системы, и устройства приема, передачи и обработки сигналов, методы и средства их моделирования, экспериментальной отработки.</p>

		<p>ченных проектно-конструкторских работ.</p> <p>Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.</p>	
25 (25.027) Ракетно-космическая промышленность	научно - исследовательский	<p>Проведение исследований и испытаний бортовой аппаратуры космических аппаратов (БАКА) и входящих в нее функциональных узлов, разработанных на основе модернизируемых технических решений.</p> <p>Расчет электрических режимов электронной компонентной базы БАКА.</p> <p>Моделирование функциональных узлов и изделий БАКА.</p>	Радиотехнические системы, комплексы и устройства бортовых космических систем.
	проектный	<p>Проведение расчетов для разработки функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов.</p> <p>Макетирование и моделирование электронных узлов БАКА.</p> <p>Анализ входных данных для выполнения расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов.</p> <p>Проведение предварительного технико-экономического обоснования проектов радиотехнических устройств и систем;</p> <p>Сбор и анализ исходных</p>	Радиотехнические системы, комплексы и устройства бортовых космических систем.

		<p>данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем; Расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;</p> <p>Разработка проектной и технической документации,</p> <p>Оформление законченных проектно-конструкторских работ;</p> <p>Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.</p>	
--	--	---	--

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать основные математические модели сигналов, помех и каналов их передачи, а также основы теории синтеза и анализа алгоритмов и устройств обработки сигналов на фоне помех в информационных системах;
- уметь разрабатывать структуры оптимальных и подоптимальных обнаружителей, различителей и измерителей параметров сигналов на фоне помех и рассчитывать их качественные показатели помехоустойчивости;
- иметь представление об основных направлениях развития статистической радиотехники и ее математического аппарата, подходах к синтезу устройств обработки сигналов в условиях неполной априорной информации о характеристиках сигналов и помех.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина «Статистическая теория радиотехнических систем» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (далее – образовательной программы) бакалавриата «Радиотехнические системы локации, навигации

и телевидения» направления 11.03.01 Радиотехника.

Данная дисциплина базируется на знаниях, умениях, навыках, полученных студентами в ходе изучения дисциплин: «Математика», «Основы теории цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы». Знания и навыки, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины, полезны для изучения последующих дисциплин «Радиотехнические системы» и «Устройства приема и обработки сигналов».

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория (группа) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<p>УК-1.1 Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методики поиска, сбора и обработки информации;</li> <li>- актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности;</li> <li>- метод системного анализа.</li> </ul> <p>УК-1.2. Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методики поиска, сбора и обработки информации;</li> <li>- осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников;</li> <li>- применять системный подход для решения поставленных задач.</li> </ul> <p>УК-1.3. Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации;</li> <li>- методикой системного подхода для решения поставленных задач.</li> </ul>

#### Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной	Обоснование (ПС, анализ опыта)

			компетенции	
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
<p>Анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;</p> <p>Моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;</p> <p>Участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике;</p> <p>Обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;</p> <p>Составление обзоров и отчетов по результатам проводимых исследований;</p> <p>Организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок.</p>	<p>Радиотехнические комплексы, системы, и устройства приема, передачи и обработки сигналов, методы и средства их моделирования, экспериментальной отработки.</p> <p>Радиотехнические системы, комплексы и устройства бортовых космических систем.</p>	<p>ПК-2. Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов</p>	<p>ПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков радиотехнических устройств и систем</p> <p>ПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик радиотехнических устройств и систем</p>	<p>06.005 Инженер-радиоэлектронщик</p> <p>25.027 Радиотехнические системы, комплексы и устройства бортовых космических систем.</p>

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



**преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов.

Вид учебной работы	Всего часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:</b>	<b>50,35</b>
Лекции	40
Лабораторные работы	-
Практические занятия	8
Консультации в семестре	2
ИКР	0,35
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:</b>	<b>49,3</b>
Самостоятельные занятия	49,3
Контроль	44,35
Вид промежуточной аттестации обучающихся	Экзамен

**5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**5.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)**

1. Введение

Предмет и задачи дисциплины, связь с другими предметами, области применения в современных условиях. Краткий исторический очерк становления дисциплины. Классификация радиотехнических систем (РТС), основные решаемые задачи и качественные показатели.

2. Модели сигналов и помех в РТС

Общая модель радиотехнической системы. Классификация сигналов, используемых в РТС различного назначения. Детерминированные, квазидетерминированные и случайные сигналы, способы их описания.

Виды помех, действующих на РТС. Внешние и внутренние помехи. Активные шумовые, импульсные (несинхронные и синхронные), пассивные помехи, электромагнитная совместимость. Нормальный случайный процесс. Белый шум. Функционал плотности вероятности нормального белого шума.

3. Основы теории обнаружения сигналов

Постановка задачи обнаружения сигналов на фоне помех как задачи проверки статистических гипотез. Основные показатели эффективности обнаружения. Критерии оптимальности обнаружения: критерий минимального среднего риска, критерий идеального

наблюдателя, критерий Неймана-Пирсона, критерий последовательного наблюдателя. Отношение правдоподобия. Определение вероятностных показателей эффективности обнаружения.

#### 4. Алгоритмы и устройства оптимального обнаружения сигналов

*Синтез и анализ алгоритмов и устройств оптимального обнаружения сигналов.* Обнаружение детерминированного сигнала (алгоритмы и структуры обнаружителей). Оптимальные (согласованные) и квазиоптимальные фильтры. Характеристики обнаружения детерминированного сигнала. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой (алгоритмы и структуры обнаружителей). Характеристики обнаружения сигнала со случайной начальной фазой. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой (алгоритмы и структуры обнаружителей). Характеристики обнаружения сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой.

*Синтез и анализ алгоритмов и устройств оптимального обнаружения пачек импульсных сигналов.* Обнаружение когерентной пачки импульсов (алгоритмы и структуры обнаружителей). Характеристики обнаружения когерентной пачки импульсов. Обнаружение некогерентной пачки импульсов (алгоритмы и структуры обнаружителей). Характеристики обнаружения некогерентной пачки импульсов.

Обнаружение сигналов на фоне небелого шума. Обнаружение когерентной пачки импульсных сигналов на фоне коррелированной помехи.

#### 5. Различение сигналов

Статистические критерии различения сигналов. Правила оптимального различения. Функции правдоподобия при различении сигналов на фоне нормального шума. Различение двух детерминированных сигналов и двух сигналов со случайными начальными фазами (алгоритмы и структуры различителей). Полная вероятность ошибки при различении двух сигналов. Различение  $M$  детерминированных сигналов и  $M$  сигналов со случайными начальными фазами (алгоритмы и структуры различителей). Полная вероятность ошибки при различении  $M$  сигналов.

#### 6. Оценивание параметров сигналов

Классификация оцениваемых параметров. Критерии оценивания параметров сигналов. Байесовские оценки случайных параметров сигналов. Оценивание неслучайных параметров сигналов. Оценки максимального правдоподобия при отсутствии и наличии у сигнала неинформационных параметров. Характеристики качества оценок (несмещенность, состоятельность, эффективность). Неравенство Крамера-Рао. Функции правдоподобия при отсутствии и наличии у сигнала неинформационных параметров. Оценивание энергетических параметров. Раздельное и совместное оценивание амплитуды и фазы радиосигнала. Потенциальная точность оценивания амплитуды сигнала. Оценивание неэнергетических параметров. Оценивание времени запаздывания сигнала. Оценивание частоты и совместное оценивание времени запаздывания и частоты сигнала.

#### 7. Заключение

Перспективы развития статистической теории радиотехнических систем.

**5.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий  
(в академических часах)**

№ п/п	Тема	Общая трудое мкость , всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самосто ятельная работа обучаю щихся
			всего	лекци и	практ ическ ие занят ия	лабор аторн ые работ ы	
1	Введение	3	1	1			2
2	Модели сигналов и помех в РТС	12	4	4			2,35
3	Основы теории обнаружения сигналов	25	9	9			10
4	Алгоритмы и устройства оптимального обнаружения сигналов	43	17	13	4		10
5	Различение сигналов	30	8	6	2		10
6	Оценивание параметров сигналов	28	8	6	2		10
7	Заключение	3	1	1			2
<b>8</b>	<b>Всего</b>	<b>92,35</b>	<b>48</b>	<b>40</b>	<b>8</b>		<b>44,35</b>

**6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной ра-  
боты обучающихся по дисциплине**

Попов Д.И. Статистическая теория радиотехнических систем: учеб. пособие. – Ря-  
зань: РГРТУ, 2014. – 56 с.

**7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации  
обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся  
по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен в Приложении.

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходи-  
мой для освоения дисциплины**

*а) основная:*

1. Попов Д.И. Статистическая теория радиотехнических систем: учеб. пособие. – Рязань: РГРТУ, 2014. – 56 с.

*б) дополнительная:*

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы: учеб. для вузов. – М.: Радиотехника, 2007. – 376 с.

2. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем: учеб. пособие для вузов. – М.: Радиотехника, 2003. – 398 с.

## **9. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины**

Обучающимся предоставлена возможность индивидуального доступа к следующим электронно-библиотечным системам.

1. Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля. – URL: <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### ***Работа студента на лекции***

Изучающие дисциплину «Статистическая теория радиотехнических систем» должны посещать лекции и практические занятия, а при самостоятельной работе прорабатывать конспект лекций и рекомендованную литературу.

Эффективное освоение дисциплины предполагает постоянную работу с лекционным материалом и рекомендованной литературой. Целесообразно перед каждой лекцией просмотреть конспект предыдущей лекции с целью вспомнить изученный материал и быть готовым к восприятию нового материала. После лекции нужно просмотреть конспект, поправить неясные места, при необходимости дополнить.

При написании конспекта лекций следует придерживаться следующих правил и рекомендаций.

1. Конспект нужно записывать «своими словами» лишь после того, как излагаемый лектором тезис будет вами дослушан до конца и понят.

2. При конспектировании следует отмечать непонятные, на данном этапе, места; записывать те пояснения лектора, которые показались особенно важными.

3. При ведении конспекта рекомендуется вести нумерацию разделов, глав, формул (в случае, если лектор не заостряет на этом внимание); это позволит при подготовке к сдаче экзамена не запутаться в структуре лекционного материала.

4. Рекомендуется в каждом более или менее законченном пункте выразить свое мнение, комментарий, вывод.

### ***Подготовка к практическим занятиям***

Практические занятия по решению задач существенно дополняют лекции по дисциплине. В процессе анализа и решения задач студенты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические зако-

ны и формулы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе решения задач вырабатываются навыки вычислений, работы со справочной литературой, таблицами. Решение задач не только способствует закреплению знаний и тренировке в применении изучаемых законов, но и формирует особый стиль умственной деятельности, особый метод подхода к физическим явлениям.

#### ***Подготовка к сдаче экзамена***

Экзамен – форма промежуточной проверки знаний, умений, навыков, степени освоения дисциплины.

Главная задача экзамена состоит в том, чтобы у студента из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем содержании соответствующей дисциплины, стала понятной методика предмета, его система. Готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, на практических занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью.

Подготовка к экзамену не должна ограничиваться беглым чтением лекционных записей, даже, если они выполнены подробно и аккуратно. Механического заучивания также следует избегать, поскольку его нельзя назвать учением уже потому, что оно создает внутреннее сопротивление какому бы то ни было запоминанию и, конечно уменьшает память. Более надежный и целесообразный путь – это тщательная систематизация материала при вдумчивом повторении, запоминании формулировок, установлении внутрисубъектных связей, увязке различных тем и разделов, закреплении путем решения задач.

На непосредственную подготовку к экзамену обычно дается три - пять дней. Этого времени достаточно только для углубления, расширения и систематизации знаний, на устранение пробелов в знании отдельных вопросов, для определения объема ответов на каждый из вопросов программы.

### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий используются лекционные аудитории РГРТУ, оборудованные доской для представления учебного материала.

Для практических занятий используются учебные аудитории РГРТУ, оборудованные доской для представления учебного материала.

Программу составил:

д.т.н., профессор каф. РТС

\_\_\_\_\_

(Попов Д.И.)

Программа рассмотрена и  
одобрена на заседании  
кафедры РТС

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г

(протокол № \_\_\_)