МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра радиотехнических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Радиотехнические системы»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «13» апреля 2022 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Радиотехнические системы» являются получение знаний в области математических и физических основ построения радиотехнических систем, в том числе радиолокационных, радионавигационных систем, систем передачи информации, систем радиопротиводействия и др.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Радиотехнические системы» является дисциплиной по выбору вариативной части Блока 1.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом векторного и матричного анализа, линейной алгебры, дифференциального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать специальные функции и их свойства, знать основы теории вероятностей и математической статистики, иметь представление об основных понятиях статистической радиофизики.

Полученные в курсе «Радиотехнические системы» знания необходимы для дальнейшей профессиональной деятельности, а также для продолжения обучения в магистратуре.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-2. Способен применять современные теоретические и (или) экспериментальные методы исследования с целью анализа текущего состояния телекоммуникационных устройств, систем и сетей	**ИД_ПК-2.1** Знает основные характеристики телекоммуникационных устройств, систем и сетей	**Знать:** - принципы построения и характеристики радиотехнических систем: радиолокационных, радионавигационных, систем передачи информации, радиопротиводействия и др.; - основы проектирования и технологические особенности разработки радиотехнических систем различного назначения; - методы обеспечения надежности радиотехнических систем, методы и средства технической диагностики; - пути развития радиотехнических систем различного назначения.
	ИД_ПК-2.2 Применяет экспериментальные методы исследования радиофизических процессов	**Владеть:** - методиками расчета характеристик устройств обнаружения, различения, разрешения и оценки параметров сигналов для различных помех; - методиками обработки и представления экспериментальных данных.
	ИД_ПК-2.3 Проводит теоретические исследования телекоммуникационных устройств, систем и сетей	**Уметь:** - осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем различного назначения; - выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; **Владеть:** - методиками расчета характеристик устройств обнаружения, различения, разрешения и оценки параметров сигналов для различных помех; - методиками расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем с использованием средств автоматизации проектирования.
	ИД_ПК-2.4 Оформляет отчеты в соответствии предъявляемыми требованиями	**Владеть:** - методиками расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем с использованием средств автоматизации проектирования; - методиками обработки и представления экспериментальных данных.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Общие сведения о радиотехнических системах	8	0,5					4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа № 1,
2	Сигналы и помехи в радиотехнических системах	8	0,5		4			4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №2,
3	Основы теории обнаружения и различения сигналов	8	1		4			4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №3,
4	Основы теории разрешения сигналов	8	1		2	1		4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №4,
5	Основы теории измерения параметров сигналов	8	1		4			6	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №5,
6	Радиолокационные системы	8	1		4	1		4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №6
7	Основы вторичной обработки радиолокационной информации	8	1		5			4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №7
8	Радионавигационные системы	8	0,5		4	1		6	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №8

9	Радиотехнические системы передачи информации	8	0,5		4	1		4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №9
10	Информационные характеристики систем передачи информации	8	1		2			4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №10
11	Системы радиопротиводействия	8	1		2	1		4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №11
12	Надежность радиотехнических систем	8	0,5					4	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №12
13	Перспективные радиотехнические системы	8	0,5					2	Задания для самостоятельной работы, Самостоятельная работа №13
							0,3	**3,7**	**Зачет**
	ИТОГО	8	**10**		**35**	**5**	**0,3**	**57,7**	

Содержание разделов дисциплины:

1. Общие сведения о радиотехнических системах. Роль радиотехнических систем в современном обществе. Классификация радиотехнических систем. Тактико-технические характеристики радиотехнических систем. Энергетические соотношения в радиотехнических системах.

2. Сигналы и помехи в радиотехнических системах. Информация, сообщения, сигналы. Математические модели сигналов и помех. Векторное представление сигналов. Дискретизация непрерывных сигналов. Преобразование непрерывных сигналов в цифровую форму. Ортогональные сигналы. Биортогональные сигналы. Симплексные сигналы. Моделирование сигналов и помех. Моделирование случайных векторов. Моделирование гауссовских случайных процессов. Моделирование негауссовских случайных процессов.

3. Основы теории обнаружения и различения сигналов. Основные положения теории статистических решений. Обнаружение сигналов на фоне белого шума. Обнаружение детерминированного сигнала. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой. Обнаружение пачки сигналов. Различение сигналов на фоне белого шума. Различение двух детерминированных сигналов. Различение m детерминированных сигналов. Различение двух сигналов со случайной начальной фазой. Различение m сигналов со случайной начальной фазой. Обнаружение сигналов в условиях априорной неопределенности.

4. Основы теории разрешения сигналов. Понятие о разрешении сигналов. Время-частотные функции рассогласования. Функции рассогласования когерентных сигналов. Сигналы без внутриимпульсной модуляции. Частотно-модулированные сигналы.

Сигналы, обеспечивающие высокие разрешающие способности по времени запаздывания и частоте. Особенности выбора время-частотных функций рассогласования. Фазоманипулированные сигналы. Согласованное и оптимальное разрешения сигналов.

5. Основы теории измерения параметров сигналов. Общие сведения. Измерение случайных параметров. Измерение неслучайных параметров. Измерение параметров радиолокационных сигналов. Неследящие измерители дальности и скорости. Следящие измерители дальности и доплеровского сдвига частоты. Измерение угловых координат. Многоканальные измерители угловых координат. Дискриминаторные методы измерения угловых координат.

6. Радиолокационные системы. Принципы построения радиолокационных систем. Классификация радиолокационных систем. Тактико-технические характеристики радиолокационных систем. Обобщенная структурная схема радиолокационных систем. Формирование отраженного радиолокационного сигнала. Вторичное излучение электромагнитных волн. Эффективная площадь рассеяния целей. Обработка радиолокационных сигналов на фоне стационарного аддитивного гауссовского белого шума. Обработка одиночных и пачечных импульсных сигналов. Обработка частотно-модулированных и фазоманипулированных радиоимпульсов. Пассивные маскирующие помехи. Методы защиты от маскирующих активных и пассивных помех. Методы стабилизации уровня ложных тревог. Основные характеристики современных радиолокационных станций. РЛС обнаружения, наведения и целеуказания на средних и больших высотах. РЛС обнаружения маловысотных целей.

7. Основы вторичной обработки радиолокационной информации. Основные операции вторичной обработки. Оценка траекторных параметров по фиксированной выборке. Экстраполяция траекторных параметров. Рекуррентная оценка траекторных параметров. Сопровождение маневрирующих целей. Обнаружение траекторий. Вероятность ложного обнаружения траектории. Вероятность правильного обнаружения траектории. Завязка траекторий.

8. Радионавигационные системы. Принципы построения радионавигационных систем. Методы радионавигационных измерений. Методы навигационно-временных определений, используемые в глобальных навигационных спутниковых системах. Обобщенная структурная схема ГНСС. Структура сигналов и сообщений глобальных навигационных спутниковых систем. Характеристики навигационных сигналов. Структура навигационных сигналов и навигационных сообщений GPS. Навигационная аппаратура потребителя. Обобщенная структурная схема. Радиочастотный блок. Принципы и устройства первичной обработки навигационного сигнала. Вторичная обработка навигационной информации. Относительные измерения и дифференциальная коррекция в глобальных навигационных спутниковых системах. Комплексированные системы навигации. Транспортные информационно- управляющие системы, использующие сигналы ГНСС. Вторичные эталоны времени и частоты на основе АП ГНСС. Использование ГНСС в геодезии и для мониторинга земной поверхности.

9. Радиотехнические системы передачи информации. Структурная схема и основные характеристики цифровых радиотехнических систем передачи информации. Каналы связи. Модели каналов связи. Передача и прием дискретных сообщений. Модуляция и демодуляция. Передача и прием дискретных сообщений в каналах с замираниями. Передача и прием дискретных сообщений в каналах с небелым шумом. Помехоустойчивое кодирование и декодирование. Принципы построения кодеков. Линейные блочные коды. Сверточные коды. Сигнально-кодовые конструкции. Многоканальные и многоадресные системы. Системы с временным разделением. Системы с частотным разделением. Асинхронные адресные системы. Синхронизация в системах передачи дискретной информации. Принципы построения и основные характеристики систем синхронизации. Фазовая синхронизация модемов. Тактовая синхронизация

модемов. Цикловая и кадровая синхронизация. Синхронизация модемов с широкополосными сигналами.

10. Информационные характеристики систем передачи информации. Количество информации в дискретных сообщениях. Энтропия источника дискретных сообщений. Избыточность сообщений. Пропускная способность дискретных каналов с шумом. Взаимная информация в непрерывных сообщениях. Дифференциальная энтропия. Пропускная способность непрерывных каналов с аддитивным шумом. Теорема кодирования для канала с помехами.

11. Системы радиопротиводействия. Радиопротиводействие и контррадиопротиводействие. Основные понятия и определения. Системы радиотехнической разведки. Скрытность и помехоустойчивость РЭС по отношению к организованным помехам. Борьба с организованными помехами и эффективность средств радиопротиводействия.

12. Надежность радиотехнических систем. Методы обеспечения надежности. Понятия надежности и отказа. Характеристики надежности. Экспоненциальный закон надежности. Надежность безызбыточных систем. Надежность избыточных систем. Надежность восстанавливаемых систем. Методы и средства технической диагностики РТС. Надежность систем со средствами диагностирования.

13. Перспективные радиотехнические системы. Системы спутниковой связи. Системы персональной подвижной спутниковой связи. Системы наземной подвижной связи. Принципы функционирования сотовых систем подвижной связи. Цифровые системы сотовой подвижной связи. Система сотовой подвижной связи CDMA. Перспективы развития спутниковых и сотовых систем подвижной. Перспективы развития радиолокационных систем. Перспективы развития радионавигационных систем.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция - ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Лабораторное занятие – это проведение студентами по заданию преподавателя опытов с использованием приборов, инструментов и других технических приспособлений, то есть это изучение каких-либо явлений с помощью специального оборудования. Лабораторные занятия, являясь одной форм учебных занятий, дают возможность наглядно сформировать представление об изучаемых явлениях и процессах, помогают овладеть техникой эксперимента, а также решать практические задачи путем постановки опыта.

Консультация – занятие, посвящённое консультациям по организации самостоятельной работы, ответам на вопросы студентов или разбору трудных тем.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Радиотехнические системы» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTex;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8.Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Информационные технологии в радиотехнических системах: учеб. пособие / В.А. Васин, И.Б. Власов и др.; под ред. И.Б. Федорова – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2011. – 846.с.

2. Казаринов Ю.М., Коломенский Ю.А., Кутузов В.М. Радиотехнические системы. Учебник для вузов.- М: Academia, 2008, - 592 с.

3. Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. Случайные процессы: Примеры и задачи. Т1: Случайные величины и процессы: Учеб. пособие для вузов.- М.: Радио и связь, 2003.-399с

б) дополнительная литература

1. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. Учебное пособие для вузов.- М.: Радио и связь, 2004.- 608 с.
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. И доп. – М. Радиотехника, 2010, 800 с.
3. Сетевые спутниковые радионавигационные системы /В.С. Шебшаевич, П.П. Дмитриев, Н.В. Иванцевич и др. Под ред. В.С. Шебшаевича.– М.: Радио и связь, 1993.-408 *с.*
4. Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. Случайные процессы: Примеры и задачи. Т3: Оптимальная фильтрация, экстраполяция и моделирование: Учеб. пособие для вузов. Под ред. В.В. Сизых. - М.: Радио и связь, 2004.- 408с.
5. Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. Случайные процессы: Примеры и задачи. Т4: Оптимальное обнаружение сигналов: Учеб. пособие для вузов. Под ред. В.В. Сизых. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.- 368с.
6. Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. Случайные процессы: Примеры и задачи. Т5: Оценка сигналов, их параметров и спектров. Основы информации: Учеб. пособие для вузов. Под ред. В.В. Сизых. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009.- 400с.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор(ы) :

Профессор кафедры радиотехнических систем, к.т.н. А.Б. Силантьев

Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Радиотехнические системы»

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Типовые контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущего контроля успеваемости

Тест для самопроверки
(тест проводится в ЭУК «Радиотехнические системы» в LMS Moodle)

В тесте представлены задания на проверку знаний. Тест содержит теоретические и вычислительные вопросы. В тесте 20 вопросов.

Максимальный балл за правильный ответ в зависимости от сложности вопроса составляет от 2 до 4 баллов. Максимальное количество баллов, которое можно получить по итогам теста, составляет 52 балла. На каждый вопрос дается две попытки ответа, в случае правильного ответа со второго раза количество баллов за правильный ответ уменьшается в два раза по сравнению с максимально возможным.

На прохождение теста дается 0,5 часа.

Итоги прохождения теста оцениваются по следующим правилам:

- количество набранных баллов от 46 до 52 соответствует оценке «отлично»;
- количество набранных баллов от 38 до 45 соответствует оценке «хорошо»;
- количество набранных баллов от 30 до 37 соответствует оценке «удовлетворительно»;
- количество баллов меньше 30 соответствует оценке «неудовлетворительно».

1.1 Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

Тест 1

При каком из перечисленных ниже условий точность определения дальности до радиолокационной цели с помощью простого зондирующего радиоимпульса РЛС увеличивается?

1. При увеличении длительности импульса РЛС.
2. При увеличении произведения амплитуды зондирующего импульса на его длительность.
3. При увеличении отношения амплитуды импульса к его длительности.

Тест 2

При каком из перечисленных ниже условий точность определения радиальной скорости радиолокационной цели с помощью простого зондирующего радиоимпульса РЛС увеличивается?

1. При увеличении длительности импульса РЛС.
2. При увеличении произведения амплитуды зондирующего радиоимпульса и

его длительности.

3. При увеличении отношения амплитуды импульса к его длительности.

Тест 3

При оптимальной линейной обработке результатов независимых неравноточных измерений дискретных сигналов отношения сигнал/помеха этих результатов

1. перемножаются.
2. складываются линейно.
3. складываются среднеквадратически.
4. преобразуются среднегеометрически.

Тест 4

Разрешающая способность по радиальной скорости радиолокационной станции с простым зондирующим радиоимпульсом гауссовской формы увеличивается,

1. если увеличить длину волны несущей зондирующего радиоимпульса.
2. если уменьшить длительность зондирующего радиоимпульса.
3. если увеличить произведение частоты несущей зондирующего радиоимпульса и его длительности.
4. если увеличить отношение частоты несущей зондирующего радиоимпульса к его длительности.

Тест 5

Что такое “элемент разрешения РЛС по объёму”?

1. Объём единичного эллипсоида рассеяния погрешностей определения декартовых координат цели.
2. Объём пространства, занимаемый зондирующим электромагнитным импульсом на данном расстоянии от РЛС по уровню 0,5 от максимума диаграммы направленности антенны и максимума напряжённости электрической составляющей импульса.
3. Объёмы двух одинаковых целей, воспринимаемых данной РЛС как отдельные сложные точечные цели.

Тест 6

В чем заключается принцип неопределенности в радиолокации?

1. Количество принятой приёмником РЛС информации есть разность между априорной и апостериорной неопределенностями (энтропиями) сигналов.
2. Если доплеровская частота принимаемых радиосигналов кратна частоте повторения когерентных радиоимпульсов РЛС, то соответствующая скорость движения цели не определена.
3. Произведение длительности сигнала на ширину его спектра у простых модулирующих сигналов слабо зависит от их формы и близко к единице.

Тест 7

Что является основной числовой характеристикой (мерой) точности местоопределения объекта в РНС?

1. Величина большой полуоси единичного эллипса рассеяния радионавигационных координат объекта.
2. Эквивалентный радиус рассеяния радионавигационных координат объекта.
3. Радиальная среднеквадратическая погрешность определения координат объекта.

Тест 8

Что такое “характеристика обнаружения”?

1. Зависимость вероятности правильного обнаружения от дальности до цели при заданной мощности излучения РЛС.
2. Зависимость вероятности правильного обнаружения от отношения “сигнал/шум” при заданной вероятности ложной тревоги.
3. Зависимость вероятности правильного обнаружения от эффективной площади рассеяния цели при заданной дальности до цели.

Тест 9

Что такое “потенциальная точность измерения параметра сигнала”?

1. Точность оценки параметра методом максимального правдоподобия.
2. Максимальная точность измерения параметра в отсутствие радиопомех.
3. Максимальная точность измерения параметра заданного сигнала на фоне помех с заданными вероятностными характеристиками.

Тест 10

Для оптимального приёма пачки импульсных сигналов применяются

1. режекторные фильтры.
2. фильтры нижних частот.
3. гребенчатые фильтры.

Тест 11

Что такое “избыточность источника дискретных сообщений”?

1. Среднее количество повторных выдач источником в канал связи различных сообщений.
2. Относительная разность между энтропией данного источника и энтропией источника независимых равновероятных сообщений.
3. Относительное количество элементарных сообщений источника, не используемых для передачи полезной информации.

Тест 12

Какие помехи являются универсальным средством радиоподавления приёмной аппаратуры противника?

1. Хаотические импульсные помехи.
2. Имитационные радиопомехи.
3. Узкополосные радиопомехи.
4. Непрерывные шумовые радиопомехи в полосе частот подавляемой радиоаппаратуры.

Тест 13

Что такое «база сигнала»?

1. Произведение длительности сигнала на его амплитуду.
2. Произведение длительности сигнала на квадрат его амплитуды.
3. Произведение длительности сигнала на ширину его спектральной плотности.

4. Количество базисных функций, на которые разлагается данный сигнал.

Тест 14

При вычислении дисперсии эффективной оценки среднего по выборке из независимых неравноточных измерений

1. суммируются дисперсии отдельных измерений.
2. суммируются среднеквадратические значения отклонений от среднего значения для отдельных измерений.
3. суммируются обратные значения дисперсий отдельных измерений.
4. суммируются обратные значения среднеквадратических отклонений от среднего значения для отдельных измерений.

Задания для самостоятельной работы

Задания по теме № 1 «Общие сведения о радиотехнических системах»:

1. Записать энергетические соотношения для связных радиотехнических систем.
2. Записать энергетические соотношения для радиолокационных радиотехнических систем.

Задания по теме № 2 «Сигналы и помехи в радиотехнических системах»:

1. В среде MatLAB разработать модели гауссовских случайных процессов.
2. В среде MatLAB разработать модели негауссовских случайных процессов.

Задания по теме № 3 «Основы теории обнаружения и различения сигналов»:

1. В среде MatLAB реализовать РТС обнаружения сигналов.
2. В среде MatLAB реализовать процесс различения сигналов.

Задания по теме № 4 «Основы теории разрешения сигналов.»:

1. В среде MatLAB реализовать процесс разрешения сигналов

Задания по теме № 5 «Основы теории измерения параметров сигналов»:

1. В среде MatLAB разработать модель изменения параметров сигналов.

Задания по теме № 6 «Радиолокационные системы»:

1. Сравнить и проанализировать основные характеристики современных радиолокационных станций. РЛС обнаружения, наведения и целеуказания на средних и больших высотах, РЛС обнаружения маловысотных целей.

Задания по теме № 7 «Основы вторичной обработки радиолокационной информации»:

1. В среде MatLAB реализовать систему вторичной обработки радиолокационной информации

Задания по теме № 8 «Радионавигационные системы »:

1. Сравнить и проанализировать основные характеристики современных радионавигационных систем.

Задания по теме № 9 «Радиотехнические системы передачи информации»:

1. Разработать модель оценки эффективности радиотехнической системы передачи информации.

Задания по теме № 10 «Информационные характеристики систем передачи информации.»:

Разработать модель оценки информационных характеристик системы передачи информации.

Задания по теме № 11 «Системы радиопротиводействия»

Сравнить и проанализировать основные характеристики современных систем радиопротиводействия.

Задания по теме № 12 «Надежность радиотехнических систем»:

1. Проанализировать основные характеристики надежности радиотехнических систем.

Задания по теме № 13 «Перспективные радиотехнические системы»

1. Проанализировать перспективы развития радиотехнических систем.

Самостоятельная работа № 1

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Роль радиотехнических систем в современном обществе. Классификация радиотехнических систем. Тактико-технические характеристики радиотехнических систем. Особенности энергетических соотношений в радиотехнических системах.

Самостоятельная работа № 2

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Математические модели сигналов и помех. В чем суть преобразования непрерывных сигналов в цифровую форму? Особенности моделирования гауссовских случайных процессов?

Самостоятельная работа № 3

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Оптимальные решения при наличии случайных неинформативных параметров сигнала. В чем суть оптимальных решений при наличии случайных параметров сообщения? Особенности оптимальных решения при наличии случайных неинформативных параметров сигнала.

Самостоятельная работа № 4

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Отношение правдоподобия. Структура оптимального обнаружителя. В чем суть байесовского решения небайесовского решения? Особенности обнаружения сигнала на фоне негауссовских помех, обнаружения пространственно-временного сигнала.

Самостоятельная работа № 5

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Согласованный фильтр для когерентной пачки радиоимпульсов. Согласованный фильтр для когерентной пачки радиоимпульсов с фазовой манипуляцией. В чем суть согласованной фильтрации сигналов?

Самостоятельная работа № 6

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Решение задачи оптимального оценивания параметров сигнала на основе теории статистических решений. В чем суть оценок максимального правдоподобия? В чем суть оценки параметров сигнала, принимающих дискретные значения? Особенности оценки информативных параметров сигнала при наличии случайных неинформативных.

Самостоятельная работа № 7

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Уравнение для апостериорной плотности вероятности (АПВ) непрерывных процессов. Рекуррентное уравнение для АПВ дискретных процессов. Общие уравнения оптимальной линейной фильтрации непрерывных процессов. В чем суть цифрового нерекурсивного фильтра Винера.? В чем суть непрерывного одномерного фильтра Калмана? Особенности цифрового фильтра Калмана.?

Самостоятельная работа № 8

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Постановка задачи при различении и разрешении сигналов. Структура оптимального различителя. Различение двух детерминированных сигналов. В чем суть задачи «разрешение-измерение параметров сигналов»? В чем суть задачи «разрешение- обнаружение сигналов»? Особенности функции неопределенности радиосигналов по задержке и по частоте?

Самостоятельная работа № 9

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Алгоритмы скользящей адаптации. Точность и выигрыш в точности фильтрации. В чем суть задачи фильтрации дальности до цели.? В чем суть марковских случайных процессов? Особенности многоканальных адаптивных систем фильтрации гауссовских случайных процессов?

Самостоятельная работа № 10

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Алгоритмы скользящей адаптации. Точность и выигрыш в точности фильтрации. В чем суть задачи фильтрации

дальности до цели.? В чем суть марковских случайных процессов? Особенности многоканальных адаптивных систем фильтрации гауссовских случайных процессов?

Самостоятельная работа № 11

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить реферат или краткое сообщение на тему: Оптимальная фильтрация при приеме пространственно-временных сигналов на фоне внутренних шумов для известного направления на источник сигнала.

Самостоятельная работа № 12

(проверка сформированности ПК-2, индикатор ИД-ПК-2_1)

Подготовить рефераты или краткие сообщения на тему:
Системы спутниковой связи.
Системы персональной подвижной спутниковой связи.
Системы наземной подвижной связи.
Цифровые системы сотовой подвижной связи.
Система сотовой подвижной связи CDMA.
Перспективы развития спутниковых и сотовых систем подвижной.
Перспективы развития радиолокационных систем.
Перспективы развития радионавигационных систем.
.

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по следующему принципу: правильно выполненное задание № 1…9 – 2 балла.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов, в случае, когда реферат не полностью раскрывает содержание вопросов, содержит фактические ошибки.

Полностью неправильно выполненное задание (авторство задания вызывает вопросы) – 0 баллов.

Максимальное количество баллов по итогам самостоятельной работы (5 заданий) – 10 баллов,

Набранное количество баллов от 9-10 соответствует оценке «отлично», 7-8 баллов – оценке «хорошо», 5-6 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету:

1. Роль радиотехнических систем в современном обществе.
2. Классификация радиотехнических систем.
3. Тактико-технические характеристики радиотехнических систем.
4. Математические модели сигналов и помех.

5. Векторное представление сигналов.
6. Дискретизация непрерывных сигналов.
7. Преобразование непрерывных сигналов в цифровую форму.
8. Ортогональные и биортогональные сигналы.
9. Моделирование сигналов и помех.
10. Основные положения теории статистических решений.
11. Обнаружение сигналов на фоне белого шума.
12. Обнаружение детерминированного сигнала.
13. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой.
14. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой.
15. Обнаружение пачки сигналов.
16.Различение сигналов на фоне белого шума. Различение двух детерминированных сигналов.
17. Различение двух сигналов со случайной начальной фазой.
18. Понятие о разрешении сигналов. Время-частотные функции рассогласования.
19. Сигналы, обеспечивающие высокие разрешающие способности по времени запаздывания и частоте.
20. Согласованное и оптимальное разрешения сигналов.
21. Измерение случайных параметров.
22. Измерение параметров радиолокационных сигналов.
23. Неследящие измерители дальности и скорости.
24. Следящие измерители дальности и доплеровского сдвига частоты.
25. Измерение угловых координат.
26. Принципы построения радиолокационных систем. Классификация радиолокационных систем.
27. Тактико-технические характеристики радиолокационных систем. Обобщенная структурная схема радиолокационных систем.
28. Формирование отраженного радиолокационного сигнала. Вторичное излучение электромагнитных волн. Эффективная площадь рассеяния целей.
29. Операции вторичной обработки радиолокационной информации.
30. Оценка траекторных параметров по фиксированной выборке. Экстраполяция траекторных параметров. Сопровождение маневрирующих целей.
31. Завязка траекторий.
32. Обработка радиолокационных сигналов на фоне стационарного аддитивного гауссовского белого шума. Обработка одиночных и пачечных импульсных сигналов.
33. Обработка частотно-модулированных и фазоманипулированных радиоимпульсов.
34. Методы защиты от маскирующих активных и пассивных помех.
35. РЛС обнаружения, наведения и целеуказания на средних и больших высотах.
36. РЛС обнаружения маловысотных целей.
37. Принципы построения радионавигационных систем. Методы радионавигационных измерений.
38. Методы навигационно-временных определений, используемые в глобальных навигационных спутниковых системах. Обобщенная структурная схема ГНСС.
39. Структура сигналов и сообщений глобальных навигационных спутниковых систем. Характеристики навигационных сигналов.
40. Навигационная аппаратура потребителя. Обобщенная структурная схема. Радиочастотный блок.
41. Принципы и устройства первичной обработки навигационного сигнала. Вторичная обработка навигационной информации.
42. Относительные измерения и дифференциальная коррекция в глобальных навигационных спутниковых системах.
43. Комплексированные системы навигации.

44. Транспортные информационно- управляющие системы, использующие сигналы ГНСС.
45. Вторичные эталоны времени и частоты на основе АП ГНСС.
46. Структурная схема и основные характеристики цифровых радиотехнических систем передачи информации.
47. Передача и прием дискретных сообщений. Принципы построения модемов.
48. Передача и прием дискретных сообщений в каналах с замираниями.
49. Передача и прием дискретных сообщений в каналах с небелым шумом.
50. Помехоустойчивое кодирование и декодирование. Принципы построения кодеков.
51. Многоканальные и многоадресные системы. Системы с временным разделением. Системы с частотным разделением. Асинхронные адресные системы.
52. Синхронизация в системах передачи дискретной информации. Классификация, принципы построения и основные характеристики систем синхронизации.
53. Фазовая и тактовая синхронизация модемов.
54. Цикловая и кадровая синхронизация цифровых систем передачи.
55. Синхронизация модемов с широкополосными сигналами.
56. Информационные характеристики систем передачи информации. Энтропия источника дискретных сообщений.
57. Пропускная способность дискретных каналов с шумом. Дифференциальная энтропия.
58. Пропускная способность непрерывных каналов с аддитивным шумом. Теорема кодирования для канала с помехами.
59. Системы радиопротиводействия и контррадиопротиводействия. Принципы построения и характеристики.
60. Системы радиотехнической разведки. Принципы построения и характеристики.
61. Методы обеспечения надежности РТС. Характеристики надежности.
62. Методы и средства технической диагностики РТС. Надежность систем со средствами диагностирования.
63. Системы персональной подвижной спутниковой связи.
64. Цифровые системы сотовой подвижной связи. Система сотовой подвижной связи CDMA.
65. Перспективы развития радиолокационных систем.
66. Перспективы развития радионавигационных систем.

Правила выставления оценки на зачете

Зачет может проводиться в устной или письменной форме. При проведении в устной форме в билет включается два теоретических вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 0,5 часа.

По итогам зачета выставляется одна из оценок: «зачтено» или «незачтено».

Оценка «Зачтено» выставляется студенту, который дает достаточно полные и последовательные ответы на вопросы билета и дополнительные вопросы, при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагается в терминах учебной дисциплины, при этом допускаются отдельные ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Оценка «Незачтено» выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с

практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Радиотехнические системы»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Радиотехнические системы» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе дисциплины лежит специальный математический аппарат, с помощью которого дисциплина позволяет решать довольно сложные и громоздкие задачи. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом статистической радиотехники.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и самостоятельно, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы статистической радиотехники. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом статистической радиотехники и проведения расчетов, в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде самостоятельных работ (в аудитории) в ходе изучения дисциплины. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце всего курса изучения дисциплины студенты сдают зачет. Зачет может приниматься по билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса и один практический. Во время подготовки к зачету предусмотрена групповая консультация.

Посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет по итогам изучения дисциплины студенту будет сложно.

Шкала оценок при проведении тестов, самостоятельных работ: до 50% правильных ответов – пороговый уровень, от 50% и до 70% правильных ответов – продвинутый уровень, от 70% правильных ответов – высокий уровень.

Шкала оценок при проведении зачета:

Оценка «зачтено» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне;

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Уровень сформированности компетенции оценивается как средний по совокупности параметров, в роли которых выступают оценки за: ответы на тестирование №1, отчеты по самостоятельным работам №№ 1-10, ответы на вопросы билета.

Учебно-методическое обеспечение
самостоятельной работы студентов по дисциплине

1. **Для самостоятельной работы** рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в разделе № 7 данной рабочей программы.

2. **Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»** - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. **Личный кабинет** (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.). Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. **Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ** (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. **Электронная картотека «Книгообеспеченность»** (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.