Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра радиосистем

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС
_____ С.И. Эминов
«22» 06 2017 г.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Учебный модуль по направлению подготовки
11.03.01 - Радиотехника
ПРОФ Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Рабочая программа

Согласована

Начальник УМУ
_____ О. Б. Широколобова
«27» 09 2017 г.

Разработал

Профессор кафедры РС
_____ Н.Е. Быстров
«14» 06 2017 г.

Принята на заседании кафедры РС
Протокол № 11 от 19.06.2017г

Заведующая кафедрой
_____ И. Н. Жукова
«14» 06 2017г.

1 Цели и задачи учебного модуля (УМ)

Настоящий учебно-методический документ по УМ «Статистическая теория РТС» определяет требования к подготовке бакалавров, обучающихся по направлению 11.03.01 – «Радиотехника» (профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»).

Целью преподавания дисциплины является изучение и приобретение навыков проектирования радиотехнических систем передачи и извлечения информации, оценки качества их работы и определение основных технических параметров.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны знать:

- методы приема информации при воздействии на полезный сигнал комплекса помех;
- принцип построения и структуры оптимальных устройств обработки радиосигналов;
- требования к входящим в систему устройствам и их техническим параметрам;
- показатели эффективности выбранных технических решений;

должны уметь:

- определять структуру оптимальных устройств обработки сигналов информационных радиотехнических систем;
- оценивать эффективность их работы;

иметь представление

- о методах построения оптимальных устройств обработки при неполной априорной информации.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

УМ входит в вариативную часть БП.В.6 учебного плана направления подготовки бакалавров.

Формируемые компетенции определены Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по указанному направлению подготовки бакалавров.

Входные знания, умения и компетенции студентов должны соответствовать требованиям, предусмотренным стандартом к знаниям, умениям по следующим компетенциям бакалавров направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника»:

Перечень дисциплин, необходимых для освоения программы УМ «Статистическая теория РТС»

- Высшая математика.
- Физика.
- Радиотехнические цепи и сигналы.
- Математический аппарат статистической радиотехники.

3 Требования к уровням освоения учебного модуля

В результате освоения УМ «Статистическая теория РТС» студенты должны овладеть и развить следующие компетенции:

- ПК-5 - способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.

В результате освоения УМ студент должен:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-5	повышенный	- этапов проектирования деталей, узлов, устройств; - перечня исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств на каждом этапе проектирования; - методики расчета и методы проектирования деталей, узлов, устройств; - особенностей функционирования и специфику эксплуатации проектируемых деталей, узлов и устройств.	определять перечень и диапазон значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	методами анализа исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов, устройств

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		7 сем.	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	6	6	ПК-5
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):			
- лекции	36	36	
- практические занятия	54	54	
- лабораторные работы	-	-	
- в т.ч. аудиторная СРС	18	18	
- внеаудиторная СРС (вкл. Экз.)	126	126	
Аттестация: Экз.	36	36	

4.2 Содержание и структура разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Введение. Математические модели сигналов и помех	Основные понятия и определения. Характеристика параметров сигналов и помех.
2.	Оптимальный прием сигналов	Задачи оптимального приема. Критерии качества оптимального приема. Фильтры, максимизирующие отношение сигнал/шум.
3.	Разрешение сигналов.	Разрешение по времени. Разрешение по времени и частоте. Частотно-временная ФН прямоугольного радиоимпульса. Анализ ФН дискретных фазоманипулированных сигналов. Влияние боковых лепестков ФН на разрешение сигналов
4.	Обнаружение сигналов.	Обнаружение детерминированных сигналов. Функция и отношение правдоподобия сигналов на фоне аддитивного нормального шума. Обнаружение сигналов со случайными параметрами.
5.	Различение сигналов.	Оптимальное различение сигналов. Различение двух детерминированных сигналов. Различение детерминированных сигналов. Различение сигналов со случайными начальными фазами.
6.	Оценивание параметров сигнала.	Байесовские оценки случайных параметров сигналов. Критерии оценки неслучайных параметров сигналов и граница Крамера-Рао. Измерение параметров сигнала при воздействии аддитивного нормального шума. Устройства измерения параметров сигнала

4.3 Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Разрешение сигналов по задержке и частоте.	Разрешение по времени. Разрешение по времени и частоте. Частотно-временная ФН прямоугольного радиоимпульса. Анализ ФН дискретных фазоманипулированных сигналов
2.	Обнаружение детерминированных сигналов.	Обнаружение детерминированных сигналов. Функция и отношение правдоподобия сигналов на фоне аддитивного нормального шума.
3.	Обнаружение сигналов с неизвестной фазой.	Обнаружение сигналов с неизвестной фазой. Функция и отношение правдоподобия сигналов с неизвестной фазой на фоне аддитивного нормального шума.
5.	Обнаружение сигналов с неизвестной фазой и амплитудой.	Обнаружение сигналов с неизвестной фазой и амплитудой. Функция и отношение правдоподобия сигналов с неизвестной фазой и амплитудой на фоне аддитивного нормального шума.
6.	Различение детерминированных сигналов	Оптимальное различение сигналов. Различение двух детерминированных сигналов. Различение М-детерминированных сигналов.
7.	Различение сигналов с неизвестной фазой.	Различение сигналов со случайными начальными фазами.
8.	Измерение задержки сигнала.	Измерение задержки сигнала при воздействии аддитивного нормального шума. Устройства измерения задержки сигнала.
9.	Измерение доплеровской частоты.	Измерение частоты сигнала при воздействии аддитивного нормального шума. Устройства измерения частоты сигнала.

4.5 Организация изучения дисциплины

Изучение УМ организовано в форме следующих занятий:

Лекционные занятия проводятся в следующей форме:

- информационных лекций

Практические занятия проводятся в следующей форме:

- работа в малых группах по выполнению задания по теме практического занятия

Самостоятельная работа студентов (аудиторная и внеаудиторная) включает следующие виды работ:

- закрепление пройденного теоретического материала;
- оформление отчета с результатами выполнения задания по практическим занятиям
- подготовка к защите.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием бально-рейтинговой системы (БРС).

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля:

- текущий – регулярно в течение всего семестра;
- рубежный – на 9 неделе семестра;
- семестровый (в виде экзамена) – по окончании изучения УМ.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля Приложение Б.

Паспорта компетенций представлены в Приложении В.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для проведения лекционных занятий и аудиторной самостоятельной работы студентов по дисциплине необходима аудитория, оборудованная проектором, экраном и компьютеры с операционной системой Windows, установленным на них интегрированным пакетом Open Office (Microsoft Office), выходом в сеть Internet.

Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная лабораторными станциями «NI ELVIS II», подключаемыми к компьютеру.

Требуемые для проведения занятий по дисциплине инструментальные средства имеются в полном объеме в распоряжении кафедры РС.

Программное обеспечение дисциплины

1. Предустановленная операционная система Windows
2. Интегрированный пакет Open Office (Microsoft Office)
3. Программное обеспечение поддержки лабораторного практикума к лабораторной станции «NI ELVIS II»

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
Б – Технологическая карта
В – Карта учебно-методического обеспечения УМ
Г – Паспорта компетенций

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Статистическая теория радиотехнических систем»

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Цель - обеспечение студентов базовыми знаниями статистической теории РТС, являющегося основой различных радиосистем, и необходимого для успешного изучения последующих предметов радиотехнического цикла.

Задачи – формирование у студентов навыков применения методов статистической обработки сигналов.

Лекционные занятия целесообразно проводить следующим образом: краткое повторения предыдущего материала; постановка цели и задач изучаемого раздела; ознакомление с основными понятиями и определениями; изложение нового материала; выводы по разделу и подведения итогов достижения цели занятий.

А.2 Методические рекомендации по практическим работам

Цель практических работ – формирование у студентов умений и навыков компьютерного моделирования алгоритмов формирования и обработки сигналов. Практические работы выполняются в виде комплексного индивидуального задания по каждому из теоретических разделов.

Практические работы строятся следующим образом:

- 20% аудиторного времени отводится на обсуждение пройденного теоретического материала, и лежащего в основе практической работы, объяснение выполнения задания;
- 70% аудиторного времени – самостоятельное выполнение практической работы студентами;
- 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов (аудиторная и внеаудиторная) включает изучение материала на заданную тему и выполнение предлагаемых заданий. Рекомендуется самостоятельное изучение доступной учебной и научной литературы, нормативно-технических документов, законодательства РФ.

Студенты имеют возможность глубоко и всесторонне изучить теоретическую часть учебного модуля и научиться применять полученные знания на практике. В ходе самостоятельной работы студенты приобретают умения и навыки в работе с цифровыми устройствами и микропроцессорными комплектами для реализации вычислительных и управляющих систем. Изучают основы применения программных средств, предназначенных для отладки соответствующего программного обеспечения: Ассемблер, Отладчик, Система отладки и др.

В рамках общего объема часов самостоятельной работы студентов (СРС), отведенных для изучения учебного модуля, предусматриваются следующие виды работ:

- изучение теоретического материала,
- выполнение практических индивидуальных заданий,
- ответы на контрольные вопросы.

А.4 Экзамен и контрольные вопросы

Экзамен по УМ содержит только теоретическую часть. Теоретическая часть проводится в форме устных и письменных ответов на вопросы билета.

Экзаменационные вопросы

1. РТС как система извлечения, передачи и разрушения информации.
2. Общая модель РТС.
3. Процедуры извлечения информации в РТС.
4. Представление помех в РТС.
5. Обнаружение и различение сигналов как задачи проверки гипотез.
6. Статистические критерии обнаружения сигналов.
7. Статистические критерии различения сигналов.
8. Правила оптимального обнаружения сигналов
9. Правила оптимального различения сигналов
10. Обнаружение детерминированного сигнала (корреляционный прием)
11. Обнаружение детерминированного сигнала (согласованная фильтрация)
12. Качественные показатели обнаружителей детерминированных сигналов
13. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой (корреляционный прием)
14. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой (согласованная фильтрация)
15. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и фазой
16. Качественные показатели обнаружителей сигналов со случайными параметрами
17. Различение двух детерминированных сигналов
18. Различение М детерминированных сигналов
19. Различение сигналов со случайными начальными фазами
20. Оценка параметров сигналов на фоне белого шума
21. Точность оценок. Функции неопределенности сигналов
22. Оценка фазы радиосигнала
23. Оценка временного положения сигнала
24. Оценка частоты радиосигнала
25. Совместная оценка временного положения и частоты радиосигнала
26. Разрешение по времени запаздывания и частоте
27. Связь диаграмм неопределенности с показателями разрешающей способности
28. Принцип неопределенности и идеальное тело неопределенности
29. Тело неопределенности простого радиоимпульса.
30. Тело неопределенности радиоимпульса с ЛЧМ.
31. Тело неопределенности радиоимпульса с ФМ.

Образец экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Кафедра радиосистем
Экзаменационный билет № 1

Дисциплина «С**татистическая теория РТС»**
Для специальности (направления подготовки) 11.03.01 Радиотехника

1. Представление помех в РТС.
2. Оценка временного положения сигнала.
3. Тело неопределенности характерных сигналов.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующая кафедрой _____ Жукова И.Н.

А.5 Требования по технике безопасности

Требования по технике безопасности регламентируются инструкцией по охране труда для пользователей персональных ЭВМ №1 ИОТ.

Приложение Б
(обязательное)
Технологическая карта
учебного модуля «Статистическая теория радиотехнических систем»
семестр – 7, ЗЕ – 6, вид аттестации – экзамен, акад.часов – 216, баллов рейтинга – 300

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеваемости (в соотв. с паспортом ФОС)	Кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
Введение. Математические модели сигналов и помех	1-2	6	9		3	15	Лекция, практические занятия	40
Оптимальный прием сигналов	3-5	6	9		3	15	Лекция, практические занятия	42
Разрешение сигналов.	6-8	6	9		3	15	Лекция, практические занятия	42
Обнаружение сигналов.	9-12	6	9		3	15	Лекция, практические занятия	42
Различение сигналов.	13-15	6	9		3	15	Лекция, практические занятия	42
Оценивание параметров сигнала.	16-18	6	9		3	15	Лекция, практические занятия	42
Семестровый контроль	сессия					**36**	экзамен	**50**
Итого:		**36**	**54**		**18**	**126**		**300**

Критерии оценки качества освоения студентами учебной дисциплины (в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» от 27.09.2011г. № 32):

	По основному курсу обучения
пороговый («оценка «удовлетворительно») 50 - 69 % от 50*4 ЗЕТ	150-209 баллов
стандартный (оценка «хорошо») 70 - 89 % от 50*4 ЗЕТ	210- 269 баллов
эталонный (оценка «отлично») 90 - 100 % от 50*4 ЗЕТ	270 – 300 баллов

Из этих соотношений также могут быть установлены оценки по каждому виду работы.

Критерий	В рамках формируемых компетенций студент демонстрирует:
Пороговый *(оценка «удовлетво-рительно»)*	– низкая посещаемость занятий, систематические прогулы и опоздания, низкая активность в ходе занятий; – выполнение заданий с ошибками, небрежное оформление домашних заданий; – выполнение измерений с ошибками, не сформированы некоторые практические умения при применении знаний в конкретных ситуациях, небрежное оформление отчетов; в ходе защиты лабораторной работы продемонстрированы недостаточные знания теории; – контрольные работы и тестирование выполнены с большим числом ошибок, отражающих освоение менее 2/3 дидактических единиц; - низкий уровень мотивации студента к обучению.
Стандартный *(оценка «хорошо»)*	– регулярная посещаемость занятий с редкими опозданиями, удовлетворительная активность работы на занятиях; – выполнение заданий с пониманием теоретического материала, выполнение домашних заданий с мелкими помарками и ошибками; – выполнение измерений без ошибок, но недостаточно сформированы навыки анализа и умения сопоставления полученных результатов с теоретическими сведениями, оформление отчетов в соответствии с требованиями к текстовой документации, но с замечаниями; защита теоретического материала по теме лабораторной работы с незначительными замечаниями; – контрольные работы и тестирование выполнены с малым числом ошибок, освоена большая часть дидактических единиц; - средний уровень мотивации студента к обучению.
Эталонный *(оценка «отлично»)*	– регулярная посещаемость занятий без опозданий, высокая активность работы на занятиях, инициативность; – выполнение заданий с полным знанием пониманием теоретического материала, выполнение домашних заданий без ошибок, оформление в соответствие с требованиями; – выполнение измерений без ошибок, хорошо сформированы навыки анализа и умения сопоставления полученных результатов с теоретическими сведениями, оформление отчетов в соответствие с требованиями к текстовой документации; на защите лабораторной работы показано полное знание и понимание теоретического материала – контрольные работы и тестирование выполнены без ошибок, освоены все дидактические единицы - высокий уровень мотивации студента к обучению, инициативность, самостоятельность.

Приложение В

(обязательное)

• ПК-5 - способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	**хорошо**	**отлично**
Повышенный уровень	**Знание:** - этапов проектирования деталей, узлов, устройств; - перечня исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств на каждом этапе проектирования; - методики расчета и методы проектирования деталей, узлов, устройств; - особенностей функционирования и специфику эксплуатации проектируемых деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Демонстрирует способность к объяснению методов расчета деталей, узлов и устройств. Испытывает трудности при объяснении особенностей функционирования и специфики эксплуатации деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Может объяснить сущность методов расчета деталей, узлов и устройств. Демонстрирует способность объяснения особенностей функционирования и специфики эксплуатации деталей, узлов и устройств.	Знает этапы проектирования и перечень исходных данных, требуемых для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств. Уверенно объясняет сущность методов расчета деталей, узлов и устройств. Способен самостоятельно выбирать методики расчета и проектирования. Четко объясняет особенности функционирования и специфику эксплуатации деталей, узлов и устройств.
	Умение: определять перечень и диапазон значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования и эксплуатации	Испытывает трудности с определением перечня и диапазона значения параметров деталей, узлов и устройств, требуемых для их расчета и проектирования с учетом специфики их функционирования	Демонстрирует способность правильно определять диапазон значений параметров проектируемых деталей, узлов и устройств с учетом специфики их функционирования и эксплуатации.	Умеет правильно определять диапазон значений параметров проектируемых деталей, узлов и устройств с учетом специфики их функционирования и эксплуатации..
	Владение: методами анализа исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов, устройств	Испытывает трудности при выборе метода анализа исходных данных средствами вычислительной техники. Способен провести анализ исходных данных, в том числе и статистический.	Демонстрирует способность использовать средства вычислительной техники при проведении анализа исходных данных, в том числе и статистического.	Способен самостоятельно выбирать и использовать программные средства и методы анализа исходных данных.

Приложение Г
(обязательное)
Карта учебно-методического обеспечения

Модуля Статистическая теория радиотехнических систем
Направление (специальность) 11.03.01 «Радиотехника»
Формы обучения _ дневная
Курс 4 Семестр 7
Часов**:** всего 216, лекций 36, практ. зан. 54, лаб. раб.0, СРС и ВИР 126
Обеспечивающая кафедра радиосистем

Таблица 1- Обеспечение модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Радиотехнические системы: Учеб.для вузов/ Ю.М. Казаринов, Ю.А. Коломенский, В.М. Кутузов и др.; Под ред. Ю.М.Казаринова. ─ М.:Академия,2008.-589с.	31	
2 Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения / Пер. с англ. - М.: Техносфера, 2007. -487 с.	7	
3 Многофункциональные радиолокационные системы : учеб. пособие для вузов; под ред. Б. Г. Татарского. - М.: Дрофа, 2007. -282 с.	10	
4 Быстров Н. Е. Введение в статистическую теорию радиотехнических систем : учеб. пособие / Е. Н. Быстров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2016.-104с. https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2831	10	
Учебно-методические издания		
1Статистическая теория РТС [электронный ресурс]: рабочая программа учебного модуля 11.03.01 – радиотехника» / Сост. Н.Е.Быстров; НовГУ им. Ярослава Мудрого В.Новгород, 2017 – 17 с. Режим доступа: http://novsu. ru		
Быстров Н. Е. Введение в статистическую теорию радиотехнических систем [электронный ресурс]: учебное пособие / Сост. Е. Н. Быстров; НовГУ, им. Ярослава Мудрого.- Великий Новгород, 2016.-109с. Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2831	10	

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window. edu.ru/catalog/	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Быстров Н. Е. Введение в теорию случайных процессов : учеб. пособие / Е. Н. Быстров ; Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2016.-109с https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-28		
2. Статистическая теория связи [электронный ресурс]: учеб. пособие /Сост. Л.А.Рассветалов; НовГУ, им. Ярослава Мудрого.- Великий Новгород, 2014.-113с. Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2001		
3.Задачник по дисциплинам "Статистическая теория связи" и "Радиосистемы передачи информации" [электронный ресурс]: учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп./ Сост. Л.А.Рассветалов; НовГУ, им. Ярослава Мудрого.- Великий Новгород, 2014.-42с. Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-2000		

Действительно для учебного года 2017/ 2018

Заведующий кафедрой РС Жукова И.Н.

_____ 20.....г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: гл. библиотекарь Капнина Н.

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого
Научная библиотека
Секретарь

Приложение Д

Контрольные вопросы к самостоятельной работе

Контрольные вопросы 1

1. Как связаны между собой сигнал $s(t)$ и его Фурье – спектр $\tilde{s}(\omega)$? Каким требованиям должен удовлетворять сигнал?
2. Сигнал $s(t)$ имеет спектр $\tilde{s}(\omega)$. Какой спектр будет иметь сигнал $s(t \pm \tau)$?
3. Какие сигналы называются видеосигналами, а какие – радиосигналами?
4. Видеосигнал $s_{\text{в}}(t)$ имеет спектр $\tilde{s}_{\text{в}}(\omega)$. Какой сигнал соответствует спектру $\frac{1}{2}\left[\tilde{s}_{\text{в}}(\omega-\omega_0)+\tilde{s}_{\text{в}}(\omega+\omega_0)\right]$?
5. Какой спектр имеет сигнал $s_{\text{в}}(t)\cos\omega_0 t$?
6. Запишите выражение для автокорреляционной функции сигнала $s(t)$; для взаимной корреляционной функции сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$.
7. Как будут выглядеть выражения для коэффициентов корреляции? Как связаны эти характеристики со спектрами сигналов $s(t)$, $s_1(t)$ и $s_2(t)$?
8. Какие числовые характеристики сигнала и его спектра Вам известны? Как с их помощью определяются понятия узкополосный сигнал, сложный сигнал?
9. Дайте определение аналитического сигнала, комплексной огибающей. Как их спектры связаны со спектром исходного сигнала?
10. Как определяется функция неопределенности (ФН) сигнала $s(t,\lambda)$ по параметру λ? Как записывается ФН стационарного типа?
11. Запишите выражение для частотно-временной ФН.
12. Чем являются сечения частотно-временной ФН плоскостями $F=0$ и $\tau=0$?

Контрольные вопросы 2

1. Какой коэффициент передачи имеет линейный фильтр, обеспечивающий в момент времени t_0 максимум отношения сигнал-шум на выходе? Какая у него импульсная характеристика? Какой вид принимают $K(j\omega)$ и $h(t)$, если помехой является белый шум со спектральной плотностью $N_0/2$?
2. Чему равно максимально достижимое $(\text{с/ш})_{\text{вых}}$ для белого шума ?
3. Какую форму имеет полезный сигнал на выходе согласованного фильтра?
4. Какую корреляционную функцию имеет помеха на выходе согласованного фильтра?
5. Как реализовать максимально достижимое отношение сигнал-шум с помощью коррелятора?

Контрольные вопросы 3

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. Как рассчитываются условные вероятности ошибок (вероятность ложной тревоги и вероятность пропуска сигнала) для задачи обнаружения сигнала?

6. Как записывается правило проверки двух простых гипотез, оптимальное по критерию минимума среднего риска?

7. Сформулируйте критерий идеального наблюдателя и критерий минимума суммы условных вероятностей ошибок.

8. Как формулируется критерий Неймана-Пирсона для задачи обнаружения сигнала?

9. Составляют ли ложная тревога и пропуск сигнала полную группу событий?

10. Что такое функция правдоподобия для задачи обнаружения сигнала?

11. Что такое отношение правдоподобия в задачах проверки двух простых гипотез?

12. Почему в качестве монотонной функции при преобразовании отношения правдоподобия чаще всего используется логарифмическая функция?

13. Сформулируйте алгоритм оптимального обнаружения полностью известного сигнала при дискретном наблюдении, считая, отсчеты помехи независимыми СВ с известной плотностью вероятности $W(x_i)$.

14. Каким будет алгоритм оптимального обнаружения полностью известного сигнала при дискретном наблюдении, если отсчеты помехи независимы и подчинены нормальному закону?

15. Как рассчитываются качественные показатели оптимального обнаружителя полностью известного сигнала на фоне нормального белого шума?

16. Каким будет алгоритм оптимального обнаружения сигнала со случайной начальной фазой на фоне нормального белого шума?

17. Как рассчитываются характеристики обнаружения для сигнала со случайной начальной фазой?

18. В чем специфика обнаружения сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой?

19. Сравните характеристики обнаружения, соответствующие одному и тому же значению вероятности ложной тревоги $p_{лт}$, для полностью известного сигнала, сигнала со случайной начальной фазой и сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой.

20. Как формулируется задача различения M полностью известных сигналов?

21. Какие критерии оптимальности используются при решении задачи различения сигналов?

22. Запишите алгоритм различения двух полностью известных сигналов на фоне АБГШ оптимальный по критерию максимального правдоподобия.

23. Проиллюстрируйте графически задачу различения двух сигналов на фоне АБГШ. Какая пара равновероятных сигналов одинаковой энергии при фиксированном значении СПМ АБГШ обеспечит минимум вероятности ошибки различения сигналов?

24. Как оценивается вероятность ошибки при различении M равнокоррелированных сигналов одинаковой энергии с помощью аддитивной границы полной вероятности ошибки? При каких условиях допустимо использовать эту оценку?

25. В чем принципиальное отличие априорной и апостериорной ПВ?

26. Какие требования должны быть предъявлены к функции правдоподобия при выводе границы Крамера-Рао?

27. Дайте определение оценки по методу максимума правдоподобия.

28. Сформулируйте основные свойства оценок по методу максимума правдоподобия.

29. Какими способами ФП может быть «освобождена» от неинформационных параметров?

30. Какие из следующих параметров сигнала и при каких условиях являются неэнергетическими: начальная фаза, центральная частота спектра, амплитуда, время

запаздывания, длительность, девиация частоты, период повторения импульсов в пакете, индекс угловой модуляции?

31. Какой качественный смысл вкладывается в понятие функции неопределенности?

32. К какому виду ФН следует стремиться, чтобы с бóльшим доверием относиться к значениям дисперсий ошибок, рассчитанным по границе Крамера-Рао?

33. Каким образом определяется разрешающая способность по времени запаздывания и частотному сдвигу спектра сигнала?

34. Что такое частотно-временная ФН и как она записывается для комплексной огибающей сигнала и ее спектра?

35. Перечислите свойства частотно-временной ФН?

36. Что такое тело неопределенности для частотно-временной ФН и как на его основе формулируется принцип неопределенности?

37. Что характеризует вертикальное сечение частотно-временной ФН плоскостями $\tau = 0$ и $F = 0$?

38. Что такое «кнопочная» («игольчатая») ФН? Как к ней приблизиться?

39. Почему в классе сложных сигналов достижимы показатели совместного разрешения по времени запаздывания и частоте, недоступные для простых сигналов? Как связана разрешающая способность по τ и F с базой сигнала?

40. Чему равна база ЛЧМ-сигнала, если девиация частоты Δf, а длительность импульса $\tau_и$?

41. Какой порядок имеет база M-элементного фазоманипулированного сигнала?

Рекомендуется выполнять этот вид работы систематически, представлять результаты без задержек. Проявлять инициативу по консультированию с преподавателем.