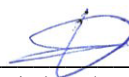


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра цифровых технологий и машинного обучения

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета


(подпись)

И.С. Огнев

« 23 » мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Устройства приема и обработки сигналов»

Направление подготовки
11.04.01 Радиотехника

Направленность (профиль)
«Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от « 17 » апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является подготовка студентов по теоретическим основам, принципам построения, практическому проектированию трактов приема и обработки сигналов в инфокоммуникационных системах различного назначения.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин бакалавриата по направлению Радиотехника в части теории цепей, радиотехнических цепей и сигналов, цифровой обработки сигналов и радиотехнических систем.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, необходимы для освоения основных физических принципов, лежащих в основе инфокоммуникационных системах различного назначения.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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 к организации и самостоятельному выполнению фундаментальных и (или) прикладных исследований поискового, теоретического и (или) экспериментального характера включая моделирование с использованием программных средств общего и специального назначения	ИД_ПК-2.1 Составляет план проведения исследований и при необходимости корректирует его с учетом текущих результатов исследования	Знать: <ul style="list-style-type: none">– классификацию устройств приема и обработки сигналов;– основные принципы построения устройств приема и обработки сигналов; Уметь: <ul style="list-style-type: none">– работать с современными источниками научно-технической информации, собирая исходные данные для формулировки задач построения устройств приема и обработки сигналов.
	ИД_ПК-2.2 Самостоятельно выполняет исследования теоретического и (или) экспериментального характера в соответствии с планом	Уметь: <ul style="list-style-type: none">– использовать методы приема и обработки сигналов с учетом их особенностей для решения научно-исследовательских задач. Владеть навыками: <ul style="list-style-type: none">– применения конкретных методов приема и обработки сигналов для решения научных и практических задач.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

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

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых электронной образовательно-информационной средой ЯрГУ им. П.Г. Демидова – Moodle ЯрГУ.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную ра- боту студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемо- сти Форма промежуточ- ной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение. Определение, назначение, классификация и основные функции устройств приема и обработки сигналов (УПиОС)	2	0,5					2	Задание для самостоя- тельной работы
2	Основные характеристики и параметры УПиОС	2	0,5			1		2	Задание для самостоя- тельной работы
3	Типы радиоприемных устройств	2	0,5					2	Задание для самостоя- тельной работы
4	Шумы линейного тракта	2	0,5					2	Задание для самостоя- тельной работы
5	Входные цепи радиопри- емных устройств	2	0,5		2			3	Задание для самостоя- тельной работы, отчет по лаб. работе
6	Усилители радиосигналов	2	0,5		2			3	Задание для самостоя- тельной работы, отчет по лаб. работе
7	Преобразователи частоты	2	0,5		4			3	Задание для самостоя- тельной работы, отчет по лаб. работе
8	Усилители промежуточной частоты	2	0,5					3	Задание для самостоя- тельной работы
9	Детекторы амплитудно- модулированных сигналов	2	0,5		2			3	Задание для самостоя- тельной работы, отчет по лаб. работе
10	Детекторы сигналов с ча- стотной модуляцией	2	0,5		4			3	Задание для самостоя- тельной работы, отчет по лаб. работе
11	Фазовые детекторы	2	0,5					3	Задание для самостоя- тельной работы
12	Цифровые детекторы АМ, ЧМ и ФМ сигналов	2	0,5			1		3	Задание для самостоя- тельной работы
13	Оптимальный прием дис- кретных сигналов	2	1		2			8	Задание для самостоя- тельной работы, отчет по лаб. работе

14	Программно-определяемое радио	2	1			1		5	Задание для самостоятельной работы
						2	0,5	33,5	Экзамен
	Всего с экзаменом		8		16	5	0,5	78,5	

Содержание разделов дисциплины

Тема 1

Введение. Определение, назначение, классификация и основные функции устройств приема и обработки сигналов (УПиОС)

1. Определение УПиОС.
2. Обобщенная структурная схема радиоприемного устройства: назначение антенно-фидерного устройства, приемника, оконечного устройства.
3. Классификация УПиОС по функциональному назначению.
4. Классификация УПиОС по виду принимаемого сигнала.
5. Классификация УПиОС по виду используемой модуляции (манипуляции в случае дискретных сигналов).
6. Функции УПиОС.
7. Обобщенная структурная схема УПиОС, отражающая его основные функции:
 - назначение антенны,
 - назначение усилительно-преобразовательного тракта,
 - назначение информационного тракта,
 - назначение опорного генератора,
 - назначение синтезатора частоты,
 - назначение тракта адаптации, управления и контроля,
 - назначение оконечного устройства,
 - назначение вторичного источника питания.

Тема 2

Основные характеристики и параметры УПиОС

1. Качественные показатели УПиОС:
 - электрические,
 - конструктивно-эксплуатационные,
 - производственно-экономические.
2. Основные электрические характеристики УПиОС:
 - чувствительность (общее определение, реальная чувствительность, эффективная чувствительность,
 - избирательность
 - общее определение,
 - односигнальная избирательность: определение, аналитическое выражение, характеристика односигнальной избирательности,
 - помехоустойчивость:
 - общее определение,
 - критерии количественной оценки помехоустойчивости (вероятностный, энергетический, артикуляционный),
 - линейные искажения:
 - частотные искажения,
 - фазовые искажения,
3. Нелинейные явления (искажения) в УПиОС:
 - причины нелинейных искажений,

- нелинейные явления (искажения) в условиях действия сильных помех:

1- сжатие амплитуды радиосигнала,

2- блокирование полезного сигнала,

3- перекрестные искажения радиосигналов

4- взаимная модуляция (интермодуляция) между помеховыми внеполосными сигналами, а также внеполосными сигналами и шумом, коэффициент интермодуляции,

4. Многосигнальная избирательность, определяемая двух- или трехсигнальным методом (задается по блокировано-допустимой модуляции, по перекрестной модуляции).

5. Электромагнитная совместимость и др.

6. Конструктивно-эксплуатационные характеристики радиоприемных устройств: надежность, стабильность и устойчивость, габариты и масса приемника, ремонтоспособность.

7. Производственно-экономические характеристики радиоприемных устройств: стоимость, сроки разработки, размеры партии, серийноспособность, вид технологического процесса, соответствие мировым стандартам, степень унификации.

Тема 3

Типы устройств приема и обработки сигналов

1. Детекторный приемник: принцип действия, структурная и принципиальная схемы, достоинства и недостатки.

2. Приемник прямого усиления: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.

3. Приемник супергетеродинного типа: принцип действия, обобщенная структурная схема, графическое пояснение сопряжения настройки контуров входного устройства и гетеродина, графическое пояснение принципа образования помехи по зеркальному каналу при нижней и верхней настройке частоты гетеродина, достоинства и недостатки такого приемника.

4. Приемник прямого преобразования: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.

5. Регенеративный приемник: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.

6. Супергенеративный приемник: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.

Тема 4

Шумы линейного тракта

1. Внутренние шумы: определение, источники внутренних шумов:

а- пассивные цепи,

б- антенно-фидерные устройства,

в- активные приборы.

2. Шумовое напряжение комплексного сопротивления. Средний квадрат действующего значения шумового напряжения или дисперсия теплового шума комплексного сопротивления.

3. Шумы приемной антенны:

а- тепловые шумы сопротивления потерь антенны, средний квадрат действующего значения шумового напряжения,

б- шумы, возникающие вследствие приема шумовых излучений космоса, атмосферы и Земли, средний квадрат действующего значения шумового напряжения.

4. Шумы активных приборов: источники шумов, дисперсия шумовой составляющей тока активного элемента, энергетический спектр дробового шума (формула Шотки).

5. Шумовые свойства радиоприемника: коэффициент шума, шумовая температура.
6. Шумовые свойства четырехполюсника: коэффициент шума, относительная шумовая температура.
7. Закон распределения внутренних шумов приемника на выходе его линейной части: закон распределения мгновенных значений, закон распределения огибающей шума.
8. Реальная (шумовая) чувствительность радиоприемного устройства (определение, расчетная формула).

Тема 5 Входные цепи УПиОС

1. Определение, назначение.
2. Технические характеристики входных цепей.
3. Типовые схемы входных цепей:
 - а) - внешнеемкостная,
 - б) внутриемкостная,
 - в) индуктивная,
 - г) комбинированная,
 - д) автотрансформаторная,
 - е) двухконтурная.
4. Резонансный коэффициент передачи входной цепи:
 - а) зависимость коэффициента передачи от частоты в цепи с внешнеемкостной связью,
 - б) зависимость коэффициента передачи от частоты в цепи с индуктивной связью.
5. Обобщенная эквивалентная и структурная схемы входной цепи, иллюстрирующие ее избирательные свойства. Формула для расчета эквивалентной полосы пропускания входной цепи.
6. Расчет входной цепи: исходные данные и этапы расчета.

Тема 6 Усилители радиосигналов

1. Определение, назначение.
2. Основные характеристики усилителей радиосигналов:
 - а) резонансный коэффициент усиления по напряжению K_0 ,
 - б) собственный коэффициент шума N ,
 - в) избирательность по побочным каналам приема d ,
 - г) перекрытие диапазона частот K_{Π} ,
 - д) динамический диапазон D ,
 - е) уровень искажений сигнала (линейные частотные, линейные фазовые, нелинейные),
 - ж) устойчивость работы.
3. Однокаскадный резонансный усилитель радиосигналов:
 - а) принцип действия, структурная схема, эквивалентная схема,
 - б) обобщенная эквивалентная схема,
 - в) структурная и принципиальная схемы однокаскадного резонансного усилителя радиосигналов с элементом связи усилительного прибора с контуром и элементом связи контура с последующим каскадом, принцип действия усилителя, формула для резонансного коэффициента усиления, эквивалентная проводимость колебательного контура,
 - г) схема электрическая принципиальная усилителя радиосигналов на биполярном транзисторе в качестве активного элемента, принцип действия, требования, предъявляемые к такой схеме,
 - д) требования к коэффициенту усиления однокаскадного резонансного усилителя радиосигналов, формула для расчета максимального коэффициента усиления.

4. Виды искажений сигналов в усилителях радиосигналов:

а) линейные искажения:

- 1- частотные искажения,
- 2- фазовые искажения,

б) нелинейные искажения, вызванные нелинейностью усилительного прибора, при отсутствии помех на входе:

- 1- нелинейные искажения модуляции сигнала,
- 2- вторичная модуляция,

в) нелинейные искажения, вызванные нелинейностью усилительного прибора, при наличии помех на входе:

- 1- блокирование,
- 2- перекрестная модуляция,
- 3- взаимная модуляция.

5. Основные формулы, характеризующие работу усилителя радиосигналов: резонансный коэффициент усиления, полоса пропускания, избирательность по зеркальному каналу, коэффициент устойчивого усиления, коэффициент нелинейных искажений.

6. Расчет усилителя радиосигналов: исходные данные и этапы расчета.

Тема 7

Преобразователи частоты

1. Определение, принцип действия, структурная схема преобразователя частоты.

2. Основные характеристики преобразователей частоты:

- а) коэффициент преобразования по напряжению $K_{пр}$,
- б) входная проводимость,
- в) коэффициент шума $N_{пч}$,
- г) выходная проводимость,
- д) динамический диапазон по амплитуде,
- е) уровень вносимых искажений.

3. Классификация преобразователей частоты:

а) по принципу преобразования:

- 1- преобразователь частоты с простым преобразованием,
- 2- преобразователь частоты со сложным преобразованием,

б) по типу нелинейного элемента:

- 1- преобразователь частоты на нелинейном элементе с активной проводимостью,
- 2- преобразователь частоты на нелинейном элементе с реактивным проводником.

4. Классификация преобразователей частоты по типу гетеродина.

5. Структурная и обобщенная схемы преобразователя частоты, представление преобразователя частоты в виде шестиполусника, пояснение принципа работы преобразователя частоты.

6. Условия для выбора промежуточной частоты:

- а) подавление зеркального канала,
- б) ослабление канала приема на промежуточной частоте,
- в) возможность реализации фильтра на промежуточной частоте с необходимыми параметрами,
- г) формула для определения порога промежуточной частоты при известной эквивалентной добротности фильтра,
- д) соотношение между максимальной модулирующей частотой и промежуточной частотой,

- е) соотношение между длительностью импульса и промежуточной частотой (для неискажающей передачи фронта импульса) в приемниках импульсных сигналов.
7. Расчет преобразователей частоты: исходные данные и этапы расчета.

Тема 8

Усилители промежуточной частоты

1. Определение. Назначение.
2. Основные характеристики усилителей промежуточной частоты:
 - а) коэффициент усиления на средней частоте полосы пропускания K ,
 - б) избирательность по соседнему каналу $d_{ск}$,
 - в) полоса пропускания,
 - г) коэффициент шума N ,
 - д) средняя частота полосы пропускания $f_{пр}$,
 - е) уровень вносимых искажений,
 - ж) устойчивость работы.
3. Типы усилителей промежуточной частоты (принцип действия, структурные схемы, функциональные схемы):
 - а) с использованием LC -фильтров:
 - 1- с одиночным резонансным контуром,
 - 2- со связанными контурами,
 - 3- с фильтрами сосредоточенной селекции.
 - б) без использования индуктивностей:
 - 1- активные RC - фильтры,
 - 2- пьезоэлектрические фильтры,
 - 3- пьезокерамические фильтры,
 - 4.- монолитные кварцевые фильтры,
 - 5- электромеханические фильтры,
 - 6- фильтры на основе систем ФАПЧ,
 - 7- дискретно-аналоговые фильтры,
 - 8- цифровые фильтры,
 - 9- фильтры на поверхностно-акустических волнах.
4. Фильтр промежуточной частоты на основе активного RC - фильтра: определение, принцип действия, принципиальная схема.
5. Графики АЧХ фильтров промежуточной частоты Баттерворта и Чебышева.
6. Принцип действия и структурная схема цифрового фильтра промежуточной частоты.
7. Расчет усилителей промежуточной частоты: исходные данные и этапы расчета.

Тема 9

Детекторы амплитудно-модулированных сигналов

1. Определение, назначение амплитудных детекторов, аналитическое выражение и осциллограмма амплитудно-модулированного сигнала, осциллограмма выходного сигнала детектора.
2. Аналитическое выражение сигнала на входе детектора.
3. Типы амплитудных детекторов:
 - а) по назначению,
 - б) по принципу действия:
 - 1- детекторы с использованием нелинейного элемента,
 - 2- корреляционные детекторы,
 - 3- синхронные (когерентные) детекторы,
 - 4- детекторы, выделяющие огибающую комплексного сигнала,

- в) по виду нелинейного элемента:
- 4. Основные характеристики амплитудных детекторов:
 - а) детекторная характеристика и ее крутизна,
 - б) коэффициент передачи детектора,
 - в) коэффициент нелинейных искажений детектора,
 - г) коэффициент частотных искажений детектора,
 - д) коэффициент фильтрации напряжения высокой частоты.
- 5. Амплитудные детекторы с использованием нелинейного элемента:
 - а) принцип действия, функциональная схема амплитудного детектора, графические пояснения,
 - б) последовательный диодный детектор:
 - 1- принцип действия,
 - 2- принципиальная схема,
 - 3- условия для расчета сопротивления нагрузки R_n
 - в) параллельный диодный детектор:
 - 1- принцип действия,
 - 2- принципиальная схема,
 - 3- условия для расчета сопротивления нагрузки R_n
 - г) анализ амплитудных детекторов с использованием нелинейного элемента и определение коэффициента передачи:
 - 1- эквивалентная схема амплитудного детектора,
 - 2- выражения для крутизны детекторной характеристики, внутреннего сопротивления нелинейного элемента и внутреннего коэффициента передачи,
 - 3- определение коэффициента передачи амплитудного детектора (с использованием эквивалентной схемы детектора),
 - д) причины нелинейных искажений сигналов в амплитудных детекторах с использованием нелинейного элемента.
- 6. Синхронный (когерентный) детектор амплитудно-модулированных сигналов:
 - а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) достоинства и недостатки.

Тема 10

Детекторы сигналов с частотной модуляцией

1. Определение, назначение частотных детекторов, аналитическое выражение частотно-модулированного сигнала, индекс частотной модуляции.
2. Основные характеристики частотных детекторов:
 - а) частотная (детекторная) характеристика, вид типичной характеристики,
 - б) коэффициент передачи детектора по напряжению,
 - в) коэффициент нелинейных искажений детектора,
 - г) входное сопротивление детектора,
 - д) коэффициент фильтрации напряжения высокой частоты.
3. Принципы построения частотных детекторов.
4. Балансный частотный детектор на расстроенных контурах:
 - а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) графические пояснения.
5. Частотно-фазовый детектор:
 - а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) графические пояснения.

6. Причины нелинейных искажений сигналов в частотных детекторах и способы борьбы с ними.
7. Пороговые свойства частотных детекторов:
 - а) спектральная плотность сигнала и шума на выходе частотного детектора при малом отношении сигнал/шум,
 - б) сущность явления порога,
 - в) графики зависимости отношения сигнал/шум на входе и выходе частотного детектора,
 - г) методы снижения пороговых явлений при детектировании ЧМ-сигналов.
8. Принцип действия и структурная схема супергетеродинного приемника ЧМ-сигналов.
9. Структурная схема информационного тракта приемника ЧМ-сигналов.

Тема 11

Фазовые детекторы

1. Определение и назначение фазовых детекторов.
2. Основные характеристики фазовых детекторов:
 - а) коэффициент передачи детектора по напряжению,
 - б) крутизна характеристики,
 - в) коэффициент нелинейных искажений детектора,
 - г) входное сопротивление детектора,
 - д) выходное сопротивление детектора,
 - е) коэффициент фильтрации напряжения высокой частоты.
3. Типы фазовых детекторов.
4. Векторомерный фазовый детектор:
 - а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) графики выходного напряжения при различных уровнях сигнала,
 - г) достоинства и недостатки.
5. Балансный фазовый детектор:
 - а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) детекторная характеристика при различных уровнях сигнала,
 - г) достоинства и недостатки.
6. Коммутаторный (ключевой) фазовый детектор:
 - а) назначение,
 - б) принцип действия.
7. Перемножительный фазовый детектор:
 - а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) типы перемножителей.

Тема 12

Цифровые детекторы АМ, ЧМ и ФМ сигналов

1. Цифровой детектор аналоговых амплитудно-модулированных сигналов с взятием модуля из выборок:
 - а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) спектры выпрямленного гармонического сигнала при разных частотах дискретизации
 - г) причины возникновения паразитной амплитудной модуляции, коэффициент паразитной амплитудной модуляции (аналитические выражения и графики).
2. Цифровой квадратичный детектор аналоговых амплитудно-модулированных сигналов:

- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) поясняющие спектрограммы,
 - г) способ уменьшения нелинейных искажений.
3. Синхронный детектор цифровых амплитудно-модулированных сигналов с узкополосным фильтром для выделения опорного колебания:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) причины возникновения нелинейных искажений, коэффициент второй гармоники.
4. Синхронный детектор цифровых амплитудно-модулированных сигналов с управляемым косинус-синусным генератором опорного колебания:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) причины возникновения нелинейных искажений.
5. Цифровой фазовый детектор на основе перемножителя и ФНЧ:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) детекторная характеристика, способ ее линеаризации.
6. Квадратурный цифровой фазовый детектор:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) детекторная характеристика, способ ее линеаризации,
 - г) достоинства и недостатки по сравнению с цифровым фазовым детектором на основе перемножителя и ФНЧ.
7. Цифровой частотный детектор на расстроенных фильтрах-осцилляторах:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) детекторная характеристика (аналитическое выражение и график),
 - г) причины возникновения нелинейных искажений.
8. Автокорреляционный цифровой детектор ЧМ сигналов:
- а) обычная схема:
 - 1 - принцип действия,
 - 2 - структурная схема,
 - 3 - детекторная характеристика, способ ее линеаризации,
 - б) квадратурный автокорреляционный цифровой ЧМ детектор
 - 1- принцип действия,
 - 2 - структурная схема,
 - 3 - детекторная характеристика, способ ее линеаризации,
 - 4- достоинства и недостатки по сравнению с обычной схемой.
9. Цифровой синхронно-фазовый частотный детектор:
- а) обычная схема:
 - 1- принцип действия,
 - 2 структурная схема,
 - 3 - детекторная характеристика, способ ее линеаризации,
 - б) квадратурный цифровой синхронно-фазовый ЧМ детектор:
 - 1- принцип действия,
 - 2 структурная схема,
 - 3- достоинства и недостатки по сравнению с обычной схемой.
10. Определение разрядности ЦАП, АЦП и регистров в вычислителях:
- а) структурные схема аналоговой и цифровой фильтрации,
 - б) сравнение отношений сигнал/шум на выходах аналогового и цифрового фильтров,
 - в) связь между дисперсией шума квантования и числом уровней квантования,

- г) связь между числом уровней квантования и числом двоичных разрядов,
- д) формула для расчета числа разрядов p АЦП и ЦАП при заданных величинах отношения сигнал/шум на выходе аналогового фильтра h_a , пик-фактора сигнала $K_{пф}$ и отношения γ (отношения сигнал/шум на выходе аналогового фильтра к отношению сигнал/шум на выходе цифрового фильтра),
- е) формула для определения необходимого числа разрядов АЦП, чтобы на выходе АЦП не было подавления полезного сигнала гармонической помехой.

Тема 13

Оптимальный прием дискретных сигналов

1. Постановка задачи синтеза оптимального приемника. Критерий идеального наблюдателя (критерий Котельникова). Правила решения, реализующие критерий идеального наблюдателя, являющиеся основой для синтеза оптимальных цифровых и аналоговых приемников.
2. Когерентный приемник сигналов с полностью известными параметрами (оптимальный по критерию идеального наблюдателя) на основе корреляторов:
 - а) принцип действия, правило принятия решения
 - б) структурная схема,
 - в) достоинства и недостатки.
3. Оптимальный по критерию идеального наблюдателя когерентный приемник на основе согласованных фильтров:
 - а) принцип действия, отношение сигнал/шум в момент снятия отсчета, связь передаточной функции согласованного фильтра со спектральной плотностью сигнала, связь импульсной характеристики согласованного фильтра с формой сигнала,
 - б) три основных свойства согласованных фильтров,
 - в) структурная схема приемника,
 - г) достоинства и сложности, возникающие при реализации оптимальных когерентных приемников на основе согласованных фильтров.
4. Анализ помехоустойчивости оптимального (когерентного) приема двоичных сигналов с дискретной частотной модуляцией. Вероятность ошибочного приема ЧМ-сигнала.
5. Оптимальный по критерию идеального наблюдателя некогерентный приемник двоичных сигналов с дискретной частотной модуляцией на основе корреляторов (фаза сигнала неизвестна):
 - а) правило некогерентного оптимального приема сигналов со случайной фазой,
 - б) принцип действия,
 - в) структурная схема.
6. Оптимальный некогерентный взаимокорреляционный приемник сигналов с относительной фазовой модуляцией:
 - а) соотношение, определяющее процедуру обработки принимаемых ОФМ-сигналов,
 - б) принцип действия приемника,
 - в) структурная схема, вероятность ошибочного приема,
 - г) достоинства и недостатки.

Тема 14

Программно-определяемое радио

1. Концепция программно-определяемого радио (*SDR*). Основные достоинства.
2. Принцип субдискретизации. Выбор частоты дискретизации.
3. Радиоприемное устройство с прямой дискретизацией радиоэфира:
 - а) принцип действия,
 - б) структурная схема,

в) достоинства и недостатки.

4. Радиоприемное устройство с дискретизацией на первой промежуточной частоте:

а) принцип действия,

б) структурная схема,

в) достоинства и недостатки.

5. Радиоприемное устройство с дискретизацией на низкой частоте:

а) принцип действия,

б) структурная схема,

в) достоинства и недостатки.

Перечень лабораторных работ

1. Входная цепь.

2. Усилитель радиосигнала.

3. Преобразователь частоты.

4. Амплитудный детектор.

5. Частотный детектор.

6. Автоматическая регулировка усиления.

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 – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует магистранта в системе изучения данной дисциплины. Магистранты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Обзорная лекция – в лекции излагаются отдельные, наиболее крупные вопросы дисциплины. Материал лекции представляет конспективный обзор полного учебного курса. Лекция с целью систематизации знаний магистрантов, полученных ими в ходе изучения (в том числе самостоятельного) учебного материала.

– **Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Консультация – занятие перед проведением экзамена, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий итогового контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

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;

- 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. Подлесный, С. А. Устройства приема и обработки сигналов : учеб. пособие / С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер - Красноярск : СФУ, 2011. - 352 с. - ISBN 978-5-7638-2263-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763822632.html> (дата обращения: 18.02.2022). - Режим доступа : по подписке.

2. Головин, О. В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов : учебное пособие для вузов / Головин О. В. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 783 с. - ISBN 978-5-9912-0196-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991201964.html> (дата обращения: 18.02.2022). - Режим доступа : по подписке.

3. Колосовский, Е. А. Устройства приема и обработки сигналов : учебное пособие для вузов / Колосовский Е. А. - 2-е изд. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 456 с. - ISBN 978-5-9912-0265-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202657.html> (дата обращения: 18.02.2022). - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература:

1. Киселев, А. В. Устройства приема и обработки сигналов : учебно-методическое пособие / Киселев А. В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 55 с. - ISBN 978-5-7782-3141-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778231412.html> (дата обращения: 18.02.2022). - Режим доступа : по подписке.

2. Цветков, Ф. А. Программно-конфигурируемые радиоустройства : принципы построения и алгоритмы обработки сигналов : учебное пособие / Ф. А. Цветков, В. В. Терешков. - Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2020. - 163 с. - ISBN 978-5-9275-3633-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/YUFU-2021080519.html> (дата обращения: 18.02.2022). - Режим доступа : по подписке.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)
2. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» (<http://CyberLeninka.ru>, свободный доступ).
3. Сайт электронного журнала «Журнал радиоэлектроники» (<http://jre.cplire.ru>).
4. Сайт ЭБС общества IEEE: (<http://ieeexplore.ieee.org>).
5. Устройства приема и обработки сигналов. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : лаб. практикум / Ю. В. Ветров, С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер и др. ; под. ред. С. Б. Макарова и С. А. Подлесного. – 4-е изд., перераб. и доп. – Электрон. дан. (4 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/45/u_lab.pdf
6. Устройства приема и обработки сигналов. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : метод. указания по самостоятельной работе / сост. : С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер, О. А.

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 и 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 в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий (семинаров) равно списочному составу группы обучающихся.

Авторы:

профессор кафедры цифровых
технологий и машинного
обучения, д.т.н.

должность, ученая степень

Ю.А. Брюханов

И.О. Фамилия

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Устройства приема и обработки сигналов»**

**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**

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

Задачи для самостоятельного решения на с. 16-24 пособия «Устройства приема и обработки сигналов». Версия 1.0 [Электронный ресурс] : метод. указания по самостоятельной работе / сост. : С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер, О. А. Тронин.

Расчетные задания на с. 26-30 пособия «Устройства приема и обработки сигналов». Версия 1.0 [Электронный ресурс] : метод. указания по самостоятельной работе / сост. : С. А. Подлесный, Ф. В. Зандер, О. А. Тронин.

Критерии оценивания самостоятельных заданий

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Полнота изложения	Тема раскрыта на 50 и более %	Изложение почти полное, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Изложение безошибочное и исчерпывающее
Ссылки на источники	Расставлены	Расставлены в правильных местах	Расставлены в правильных местах
Изложение	Компиляция из отрывков	Пересказ с анализом	Пересказ с анализом и выводами
<i>Представлен реферат</i>			
Объём	Не менее 2-х страниц содержательного текста	Не менее 3-х страниц содержательного текста с примерами	Не менее 3-х страниц содержательного текста с примерами и (возможно) рисунками
Оформление	Визуальное приемлемое	По ГОСТ 7.32-2001 (в сокращённой форме)	По ГОСТ 7.32-2001 (в сокращённой форме)
<i>Представлен доклад</i>			
Длительность	От 5 до 15 минут	От 7 до 10 минут	7 минут

2. Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе промежуточной аттестации

Список вопросов к экзамену

1. Определение устройства приема и обработки сигналов (УПиОС).
2. Обобщенная структурная схема УПиОС: назначение антенно-фидерного устройства, приемника, оконечного устройства.
3. Классификация УПиОС по функциональному назначению:
4. Классификация УПиОС по виду принимаемого сигнала:
5. Классификация УПиОС по виду используемой модуляции (манипуляции в случае дискретных сигналов)
6. Функции УПиОС:
7. Обобщенная структурная схема УПиОС, отражающая его основные функции:
 - назначение антенны,
 - назначение усилительно-преобразовательного тракта,
 - назначение информационного тракта,
 - назначение опорного генератора ,
 - назначение синтезатора частоты,
 - назначение тракта адаптации, управления и контроля,
 - назначение оконечного устройства,
 - назначение вторичного источника питания.
8. Качественные показатели УПиОС:
 - электрические,
 - конструктивно-эксплуатационные.
 - производственно-экономические.
9. Основные электрические характеристики УПиОС:
 - чувствительность (общее определение, реальная чувствительность, эффективная чувствительность,
 - избирательность
 - общее определение,
 - односигнальная избирательность: определение, аналитическое выражение, характеристика односигнальной избирательности,
 - помехоустойчивость:
 - общее определение,
 - критерии количественной оценки помехоустойчивости (вероятностный, энергетический, артикуляционный),
 - линейные искажения:
 - частотные искажения,
 - фазовые искажения,
10. Нелинейные явления (искажения) в УПиОС:
 - причины нелинейных искажений,
 - нелинейные явления (искажения) в условиях действия сильных помех:
 - 1- сжатие амплитуды радиосигнала,
 - 2- блокирование полезного сигнала,
 - 3- перекрестные искажения радиосигналов
 - 4- взаимная модуляция (интермодуляция) между помеховыми внеполосными сигналами, а также внеполосными сигналами и шумом, коэффициент интермодуляции,
11. Многосигнальная избирательность, определяемая двух- или трехсигнальным методом (задается по блокировано-допустимой модуляции, по перекрестной модуляции),
12. Электромагнитная совместимость и др.

13. Конструктивно-эксплуатационные характеристики радиоприемных устройств: надежность, стабильность и устойчивость, габариты и масса приемника, ремонтоспособность.
14. Производственно-экономические характеристики радиоприемных устройств: стоимость, сроки разработки, размеры партии, серийность, вид технологического процесса, соответствие мировым стандартам, степень унификации.
15. Детекторный приемник: принцип действия, структурная и принципиальная схемы, достоинства и недостатки.
16. Приемник прямого усиления: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.
17. Приемник супергетеродинного типа: принцип действия, обобщенная структурная схема, графическое пояснение сопряжения настройки контуров входного устройства и гетеродина, графическое пояснение принципа образования помехи по зеркальному каналу при нижней и верхней настройке частоты гетеродина, достоинства и недостатки такого приемника.
18. Приемник прямого преобразования: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.
19. Регенеративный приемник: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.
20. Супергенеративный приемник: принцип действия, структурная схема, достоинства и недостатки.
21. Внутренние шумы: определение, источники внутренних шумов:
а- пассивные цепи,
б- антенно-фидерные устройства,
в- активные приборы.
22. Шумовое напряжение комплексного сопротивления. Средний квадрат действующего значения шумового напряжения или дисперсия теплового шума комплексного сопротивления.
23. Шумы приемной антенны:
а- тепловые шумы сопротивления потерь антенны, средний квадрат действующего значения шумового напряжения,
б- шумы, возникающие вследствие приема шумовых излучений космоса, атмосферы и Земли, средний квадрат действующего значения шумового напряжения,
24. Шумы активных приборов: источники шумов, дисперсия шумовой составляющей тока активного элемента, энергетический спектр дробового шума (формула Шотки).
25. Шумовые свойства радиоприемника: коэффициент шума, шумовая температура.
26. Шумовые свойства четырехполосника: коэффициент шума, относительная шумовая температура.
27. Закон распределения внутренних шумов приемника на выходе его линейной части: закон распределения мгновенных значений, закон распределения огибающей шума.
28. Реальная (шумовая) чувствительность радиоприемного устройства (определение, расчетная формула).
29. Определение, назначение.
30. Технические характеристики входных цепей.
31. Типовые схемы входных цепей:
а)- внешнеемкостная,
б) внутриемкостная,
в) индуктивная,
г) комбинированная,
д) автотрансформаторная,
е) двухконтурная
32. Резонансный коэффициент передачи входной цепи:
а) зависимость коэффициента передачи от частоты в цепи с внешнеемкостной связью,

- б) зависимость коэффициента передачи от частоты в цепи с индуктивной связью,
33. Обобщенная эквивалентная и структурная схемы входной цепи, иллюстрирующие ее избирательные свойства. Формула для расчета эквивалентной полосы пропускания входной цепи.
34. Расчет входной цепи: исходные данные и этапы расчета.
35. Определение, назначение усилителей радиосигналов.
36. Основные характеристики усилителей радиосигналов:
- резонансный коэффициент усиления по напряжению K_0 ,
 - собственный коэффициент шума N ,
 - избирательность по побочным каналам приема d ,
 - перекрытие диапазона частот K_{Π} ,
 - динамический диапазон D ,
 - уровень искажений сигнала (линейные частотные, линейные фазовые, нелинейные),
 - устойчивость работы.
37. Однокаскадный резонансный усилитель радиосигналов:
- принцип действия, структурная схема, эквивалентная схема,
 - обобщенная эквивалентная схема,
 - структурная и принципиальная схемы однокаскадного резонансного усилителя радиосигналов с элементом связи усилительного прибора с контуром и элементом связи контура с последующим каскадом, принцип действия усилителя, формула для резонансного коэффициента усиления, эквивалентная проводимость колебательного контура,
 - схема электрическая принципиальная усилителя радиосигналов на биполярном транзисторе в качестве активного элемента, принцип действия, требования, предъявляемые к такой схеме,
 - требования к коэффициенту усиления однокаскадного резонансного усилителя радиосигналов, формула для расчета максимального коэффициента усиления.
38. Виды искажений сигналов в усилителях радиосигналов:
- линейные искажения:
 - частотные искажения,
 - фазовые искажения,
 - нелинейные искажения, вызванные нелинейностью усилительного прибора, при отсутствии помех на входе:
 - нелинейные искажения модуляции сигнала,
 - вторичная модуляция,
 - нелинейные искажения, вызванные нелинейностью усилительного прибора, при наличии помех на входе:
 - блокирование,
 - перекрестная модуляция,
 - взаимная модуляция.
39. Основные формулы, характеризующие работу усилителя радиосигналов: резонансный коэффициент усиления, полоса пропускания, избирательность по зеркальному каналу, коэффициент устойчивого усиления, коэффициент нелинейных искажений.
40. Расчет усилителя радиосигналов: исходные данные и этапы расчета.
41. Определение, принцип действия, структурная схема преобразователя частоты.
42. Основные характеристики преобразователей частоты:
- коэффициент преобразования по напряжению $K_{\Pi p}$,
 - входная проводимость,
 - коэффициент шума $N_{\Pi ч}$,
 - выходная проводимость,
 - динамический диапазон по амплитуде,
 - уровень вносимых искажений.
43. Классификация преобразователей частоты:

- а) по принципу преобразования:
- 1- преобразователь частоты с простым преобразованием,
 - 2- преобразователь частоты со сложным преобразованием,
- б) по типу нелинейного элемента
- 1- преобразователь частоты на нелинейном элементе с активной проводимостью,
 - 2- преобразователь частоты на нелинейном элементе с реактивным проводником.
44. Классификация преобразователей частоты по типу гетеродина.
45. Структурная и обобщенная схемы преобразователя частоты, представление преобразователя частоты в виде шестиполюсника, пояснение принципа работы преобразователя частоты.
46. Условия для выбора промежуточной частоты:
- а) подавление зеркального канала,
 - б) ослабление канала приема на промежуточной частоте,
 - в) возможность реализации фильтра на промежуточной частоте с необходимыми параметрами,
 - г) формула для определения порога промежуточной частоты при известной эквивалентной добротности фильтра,
 - д) соотношение между максимальной модулирующей частотой и промежуточной частотой,
 - е) соотношение между длительностью импульса и промежуточной частотой (для неискажающей передачи фронта импульса) в приемниках импульсных сигналов.
47. Расчет преобразователей частоты: исходные данные и этапы расчета.
48. Определение, назначение усилителей промежуточной частоты.
49. Основные характеристики усилителей промежуточной частоты:
- а) коэффициент усиления на средней частоте полосы пропускания K ,
 - б) избирательность по соседнему каналу $d_{ск}$,
 - в) полоса пропускания,
 - г) коэффициент шума N ,
 - д) средняя частота полосы пропускания $f_{пр}$,
 - е) уровень вносимых искажений,
 - ж) устойчивость работы.
50. Типы усилителей промежуточной частоты (принцип действия, структурные схемы, функциональные схемы):
- а) с использованием LC -фильтров:
 - 1- с одиночным резонансным контуром,
 - 2- со связанными контурами,
 - 3- с фильтрами сосредоточенной селекции.
 - б) без использования индуктивностей:
 - 1- активные RC - фильтры,
 - 2- пьезоэлектрические фильтры,
 - 3- пьезокерамические фильтры,
 - 4.- монолитные кварцевые фильтры,
 - 5- электромеханические фильтры,
 - 6- фильтры на основе систем ФАПЧ,
 - 7- дискретно-аналоговые фильтры,
 - 8- цифровые фильтры,
 - 9- фильтры на поверхностно-акустических волнах.
51. Фильтр промежуточной частоты на основе активного RC - фильтра: определение, принцип действия, принципиальная схема.
52. Графики АЧХ фильтров промежуточной частоты Баттерворта и Чебышева.

53. Принцип действия и структурная схема цифрового фильтра промежуточной частоты.
54. Расчет усилителей промежуточной частоты: исходные данные и этапы расчета.
55. Определение, назначение амплитудных детекторов, аналитическое выражение и осциллограмма амплитудно-модулированного сигнала, осциллограмма выходного сигнала детектора.
56. Аналитическое выражение сигнала на входе детектора.
57. Типы амплитудных детекторов:
- а) по назначению,
 - б) по принципу действия:
 - 1- детекторы с использованием нелинейного элемента,
 - 2- корреляционные детекторы,
 - 3- синхронные (когерентные) детекторы,
 - 4- детекторы, выделяющие огибающую комплексного сигнала,
 - в) по виду нелинейного элемента:
58. Основные характеристики амплитудных детекторов:
- а) детекторная характеристика и ее крутизна,
 - б) коэффициент передачи детектора,
 - в) коэффициент нелинейных искажений детектора,
 - г) коэффициент частотных искажений детектора,
 - д) коэффициент фильтрации напряжения высокой частоты.
59. Амплитудные детекторы с использованием нелинейного элемента:
- а) принцип действия, функциональная схема амплитудного детектора, графические пояснения,
 - б) последовательный диодный детектор:
 - 1- принцип действия,
 - 2- принципиальная схема,
 - 3- условия для расчета сопротивления нагрузки R_n
 - в) параллельный диодный детектор:
 - 1- принцип действия,
 - 2- принципиальная схема,
 - 3- условия для расчета сопротивления нагрузки R_n
 - г) анализ амплитудных детекторов с использованием нелинейного элемента и определение коэффициента передачи,
 - 1- эквивалентная схема амплитудного детектора,
 - 2- выражения для крутизны детекторной характеристики, внутреннего сопротивления нелинейного элемента и внутреннего коэффициента передачи,
 - 3- определение коэффициента передачи амплитудного детектора (с использованием эквивалентной схемы детектора),
 - д) причины нелинейных искажений сигналов в амплитудных детекторах с использованием нелинейного элемента.
60. Синхронный (когерентный) детектор амплитудно-модулированных сигналов:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) достоинства и недостатки.
61. Определение, назначение частотных детекторов, аналитическое выражение частотно-модулированного сигнала, индекс частотной модуляции.
62. Основные характеристики частотных детекторов:
- а) частотная (детекторная) характеристика, вид типичной характеристики,
 - б) коэффициент передачи детектора по напряжению,
 - в) коэффициент нелинейных искажений детектора,
 - г) входное сопротивление детектора,
 - д) коэффициент фильтрации напряжения высокой частоты.

63. Принципы построения частотных детекторов.
64. Балансный частотный детектор на расстроенных контурах:
- а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) графические пояснения.
65. Частотно-фазовый детектор:
- а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) графические пояснения.
66. Причины нелинейных искажений сигналов в частотных детекторах и способы борьбы с ними.
67. Пороговые свойства частотных детекторов:
- а) спектральная плотность сигнала и шума на выходе частотного детектора при малом отношении сигнал/шум,
 - б) сущность явления порога,
 - в) графики зависимости отношения сигнал/шум на входе и выходе частотного детектора,
 - г) методы снижения пороговых явлений при детектировании ЧМ-сигналов:
68. Принцип действия и структурная схема супергетеродинного приемника ЧМ-сигналов.
69. Структурная схема информационного тракта приемника ЧМ-сигналов.
70. Определение и назначение фазовых детекторов.
71. Основные характеристики фазовых детекторов:
- а) коэффициент передачи детектора по напряжению,
 - б) крутизна характеристики,
 - в) коэффициент нелинейных искажений детектора,
 - г) входное сопротивление детектора,
 - д) выходное сопротивление детектора,
 - е) коэффициент фильтрации напряжения высокой частоты.
72. Типы фазовых детекторов.
73. Векторомерный фазовый детектор:
- а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) графики выходного напряжения при различных уровнях сигнала,
 - г) достоинства и недостатки.
74. Балансный фазовый детектор:
- а) принцип действия,
 - б) принципиальная схема,
 - в) детекторная характеристика при различных уровнях сигнала,
 - г) достоинства и недостатки.
75. Коммутаторный (ключевой) фазовый детектор:
- а) назначение,
 - б) принцип действия.
76. Перемножительный фазовый детектор:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) типы перемножителей.
77. Цифровой детектор аналоговых амплитудно-модулированных сигналов с взятием модуля из выборок:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) спектры выпрямленного гармонического сигнала при разных частотах дискретизации
 - г) причины возникновения паразитной амплитудной модуляции, коэффициент паразитной амплитудной модуляции (аналитические выражения и графики)

78. Цифровой квадратичный детектор аналоговых амплитудно-модулированных сигналов:

- а) принцип действия,
- б) структурная схема,
- в) поясняющие спектрограммы,
- г) способ уменьшения нелинейных искажений.

79. Синхронный детектор цифровых амплитудно-модулированных сигналов с узкополосным фильтром для выделения опорного колебания:

- а) принцип действия,
- б) структурная схема,
- в) причины возникновения нелинейных искажений, коэффициент второй гармоники.

80. Синхронный детектор цифровых амплитудно-модулированных сигналов с управляемым косинус-синусным генератором опорного колебания:

- а) принцип действия,
- б) структурная схема,
- в) причины возникновения нелинейных искажений.

81. Цифровой фазовый детектор на основе перемножителя и ФНЧ:

- а) принцип действия,
- б) структурная схема
- в) детекторная характеристика, способ ее линеаризации.

82. Квадратурный цифровой фазовый детектор:

- а) принцип действия,
- б) структурная схема,
- в) детекторная характеристика, способ ее линеаризации.
- г) достоинства и недостатки по сравнению с цифровым фазовым детектором на основе перемножителя и ФНЧ..

83. Цифровой частотный детектор на расстроенных фильтрах-осцилляторах:

- а) принцип действия,
- б) структурная схема,
- в) детекторная характеристика (аналитическое выражение и график)
- г) причины возникновения нелинейных искажений.

84. Автокорреляционный цифровой детектор ЧМ сигналов:

- а) обычная схема:
 - 1 - принцип действия,
 - 2 - структурная схема,
 - 3 детекторная характеристика, способ ее линеаризации,
- б) квадратурный автокорреляционный цифровой ЧМ детектор
 - 1- принцип действия,
 - 2 - структурная схема,
 - 3 - детекторная характеристика, способ ее линеаризации,
 - 4- достоинства и недостатки по сравнению с обычной схемой.

85. Цифровой синхронно-фазовый частотный детектор:

- а) обычная схема:
 - 1- принцип действия,
 - 2 структурная схема,
 - 3 - детекторная характеристика, способ ее линеаризации,
- б) квадратурный цифровой синхронно-фазовый ЧМ детектор
 - 1- принцип действия,
 - 2 структурная схема,
 - 3- достоинства и недостатки по сравнению с обычной схемой.

86. Определение разрядности ЦАП, АЦП и регистров в вычислителях:

- а) структурные схема аналоговой и цифровой фильтрации,
- б) сравнение отношений сигнал/шум на выходах аналогового и цифрового фильтров,

- в) связь между дисперсией шума квантования и числом уровней квантования,
 - г) связь между числом уровней квантования и числом двоичных разрядов,
 - д) формула для расчета числа разрядов p АЦП и ЦАП при заданных величинах отношения сигнал/шум на выходе аналогового фильтра h_a , пик-фактора сигнала $K_{пф}$ и отношения γ (отношения сигнал/шум на выходе аналогового фильтра к отношению сигнал/шум на выходе цифрового фильтра),
 - е) формула для определения необходимого числа разрядов АЦП, чтобы на выходе АЦП не было подавления полезного сигнала гармонической помехой.
87. Постановка задачи синтеза оптимального приемника. Критерий идеального наблюдателя (критерий Котельникова). Правила решения, реализующие критерий идеального наблюдателя, являющиеся основой для синтеза оптимальных цифровых и аналоговых приемников.
88. Когерентный приемник сигналов с полностью известными параметрами (оптимальный по критерию идеального наблюдателя) на основе корреляторов:
- а) принцип действия, правило принятия решения
 - б) структурная схема,
 - в) достоинства и недостатки.
89. Оптимальный по критерию идеального наблюдателя когерентный приемник на основе согласованных фильтров:
- а) принцип действия, отношение сигнал/шум в момент снятия отсчета, связь передаточной функции согласованного фильтра со спектральной плотностью сигнала, связь импульсной характеристики согласованного фильтра с формой сигнала,
 - б) три основных свойства согласованных фильтров,
 - в) структурная схема приемника,
 - г) достоинства и сложности, возникающие при реализации оптимальных когерентных приемников на основе согласованных фильтров.
90. Анализ помехоустойчивости оптимального (когерентного) приема двоичных сигналов с дискретной частотной модуляцией. Вероятность ошибочного приема ЧМ-сигнала.
91. Оптимальный по критерию идеального наблюдателя некогерентный приемник двоичных сигналов с дискретной частотной модуляцией на основе корреляторов (фаза сигнала неизвестна):
- а) правило некогерентного оптимального приема сигналов со случайной фазой,
 - б) принцип действия,
 - в) структурная схема.
92. Оптимальный некогерентный взаимокорреляционный приемник сигналов с относительной фазовой модуляцией:
- а) соотношение, определяющее процедуру обработки принимаемых ОФМ-сигналов,
 - б) принцип действия приемника,
 - в) структурная схема, вероятность ошибочного приема,
 - г) достоинства и недостатки.
93. Концепция программно-определяемого радио (*SDR*). Основные достоинства.
94. Принцип субдискретизации. Выбор частоты дискретизации.
95. Радиоприемное устройство с прямой дискретизацией радиоэфира:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) достоинства и недостатки.
96. Радиоприемное устройство с дискретизацией на первой промежуточной частоте:
- а) принцип действия,
 - б) структурная схема,
 - в) достоинства и недостатки.
97. Радиоприемное устройство с дискретизацией на низкой частоте:
- а) принцип действия,

- б) структурная схема,
в) достоинства и недостатки.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Полное	Полное
Полнота ответа	Вопрос билета раскрыт на 50 и более %	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Ответ полный и без ошибок
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Рисунки (если требуются)	Имеются	Корректные	Корректные

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Устройства приема и обработки сигналов»

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине являются обзорные лекции и лабораторные занятия, причем последние – в относительно большем объеме. Это связано со спецификой подготовки студентов магистратуры, предполагающей большую долю самостоятельности. Для успешного освоения дисциплины очень важно выполнение заданий, предлагаемых персонально тем самостоятельных заданий.

По итогам изучения дисциплины в конце семестра проводится экзамен. Экзамен принимается по билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать издания, указанные в списке основной и дополнительной литературы.

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/пароллю.

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.

4. Электронные библиотечные системы, на которые имеется подписка ЯрГУ, перечень см. [http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net_res\(1\).php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net_res(1).php)