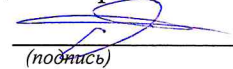


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра инфокоммуникаций и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана физического факультета

  
(подпись)

И.С. Огнев

« 9 » октября 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Теоретические основы радиотехники»**

Направление подготовки  
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)  
«Сети связи и системы коммутации»

прием 2019

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
протокол № 1 от «28» сентября 2020 года

Зав.кафедрой  Ю.А. Брюханов  
(подпись) (ФИО)

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 1 от «9» октября 2020 года

Председатель НМК  Т.К. Артёмова  
(подпись) (ФИО)

Ярославль  
2020

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются формирование способности применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования сигналов и элементов систем передачи информации.

Курс знакомит с основными моделями сигналов, сообщений, помех, основными моделями каналов передачи информации на физическом уровне их описания, работой простейших устройств систем связи и методами исследования сигналов, сообщений, элементов систем связи.

Задачи курса – способствовать формированию у студентов понятий об основных моделях и методах общей теории связи, умений и навыков получать информацию о различных свойствах сигналов и устройств, а также вырабатывать стратегию при построении систем передачи информации и их элементов, пользуясь моделями источников и каналов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Данная дисциплина является обязательной для изучения и относится к обязательной части Блока 1.

Дисциплина требует знаний, умений и навыков, полученных при изучении дисциплин «Электричество и магнетизм», «Физический практикум по электричеству и магнетизму» (или «Методы измерений в электричестве»), «Теория электрических цепей (Часть 1)», а также базовых математических знаний и умений из курсов «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Теория функций комплексной переменной». Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами при изучении «Теории телетрафика», «Сетей коммутации» и других специальных дисциплин и в НИРС.

## 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:

Код компетенции	Формулировка компетенции	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приёмы обработки и представления полученных данных	Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных

		<p>задач, обеспечивающих ее достижение</p> <p>Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач</p> <p>Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации</p> <p>Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</p> <p>Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</p>
--	--	---

#### 4. Объем, форма реализации, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 акад. часа.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой МООК ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

Отдельные элементы курса преподаются в дистанционной форме в рамках онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого по ссылке:

<https://demidonline.uni-yar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.2x+2020/about>

#### Очная форма обучения

№ 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 системах электросвязи.	4	3	1				4	Домашняя работа №1, контрольная работа, экзамен
2	Модели и методы исследования сигналов	4	12	7	7	2		12	Домашняя работа №2, защита лабораторных работ №№1-3, контрольная работа, экзамен Тест по Модулю 3 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
3	Модели и методы исследования каналов	4	7	2	3	2		8	Домашняя работа №2, защита лабораторных работ №№4, 5, контрольная работа, экзамен
4	Простейшие устройства систем передачи информации и	4	12	7	7	2		8	Домашняя работа №2, защита лабораторных работ №№6, 7, контрольная работа, экзамен Тесты по Модулям 1-2 и 4-6

методы их исследования								онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
							2	Итоговый тест
<b>Всего</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>6</b>		<b>34</b>	
	4				2	0,5	33,5	Экзамен
<b>Всего с экзаменом</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>0,5</b>	<b>67,5</b>	

### Заочная форма обучения

№ 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 системах электросвязи.	2	1	1		1		15	Задания для самостоятельной работы, домашняя работа №1, контрольная работа, экзамен
2	Модели и методы исследования сигналов	2	1	2	4	1		38	Задания для самостоятельной работы, домашняя работа №2, защита лабораторных работ №№1-3, контрольная работа, экзамен Тест по Модулю 3 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
3	Модели и методы исследования каналов	2	1	2		1		40	Задания для самостоятельной работы, домашняя работа №2, защита лабораторных работ №№4, 5, контрольная работа, экзамен
4	Простейшие устройства систем передачи информации и методы их исследования	2	1	1		1		22	Задания для самостоятельной работы, домашняя работа №2, защита лабораторных работ №№6, 7, контрольная работа, экзамен Тесты по Модулям 1-2 и 4-6 онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»
								2	Итоговый тест
<b>Всего</b>			<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>117</b>	
		2				2	0,5	6,5	Экзамен
<b>Всего с экзаменом</b>	<b>с</b>		<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>0,5</b>	<b>123,5</b>	

## **Содержание разделов дисциплины** (с указанием формы проведения)

Раздел 1 (очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ)

### ***Общие сведения о системах электросвязи***

Сообщения, их источники и получатели. Сигнал как носитель сообщения. Сообщение и информация. Система связи и канал связи. Структурная схема системы связи. Дискретные и непрерывные каналы, их основные характеристики. Диапазон частот электромагнитных колебаний, используемых в системах передачи информации. Многоканальные системы передачи.

Физические принципы передачи и приёма информации. Дискретизация и квантование непрерывных сообщений. Кодирование. Равномерные и неравномерные коды, корректирующие коды. Модуляция. Структурная схема системы передачи дискретных сообщений, модем и кодек. Передача непрерывных сообщений. Демодуляция и декодирование. Решающее устройство. Понятие синхронизации и принципы ее обеспечения в системах электросвязи. Симплексный, полудуплексный и дуплексный режимы связи.

Основные характеристики систем передачи информации: помехоустойчивость и скорость передачи. Пропускная способность системы передачи информации.

Энергетический расчёт радиолинии.

## Раздел 2

### ***Модели и методы исследования сигналов***

*Дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»:* Классификация сигналов и сообщений. Детерминированные и случайные процессы.

Методы спектрального анализа сигналов. Представление сообщений и сигналов в различных метрических пространствах. Разложение функций в ортогональные ряды по базисным функциям пространства сигналов. Обобщенный ряд Фурье, равенство Парсеваля, неравенство Бесселя. Спектральное и временное представление сигналов.

Спектры периодических и непериодических сигналов. Свойства спектров. Спектр прямоугольного импульса. Спектр пачки импульсов.

Математические модели детерминированных сигналов. Их спектры.

Измерение спектров.

*Очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ:* Корреляционный анализ. Корреляционные свойства детерминированных сигналов. АКФ, ВКФ, интервал корреляции. Ортогональность сигналов.

Представление цифровых сигналов векторами пространства Хемминга. Скалярное произведение и расстояние между сигналами. Норма сигнала.

Теорема Котельникова. Условия восстановления аналогового сигнала по дискретизированному.

Основные параметры сигналов: длительность, ширина спектра и динамический диапазон. Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных.

Помехи и искажения в каналах. Аддитивные и мультипликативные помехи. Классификация помех по физическим свойствам и происхождению.

Статистический анализ сигналов. Характеристики случайных процессов (СП). Функции корреляции случайных процессов и их свойства. Процесс с равномерной

функцией плотности вероятности. Гауссовский СП. Спектр плотности мощности и его связь с функцией корреляции. Понятие белого шума. Квазибелый шум, его функция корреляции. Эффективная ширина спектра. Случайные последовательности.

Информационные характеристики сообщений. Энтропия дискретного источника. Энтропия непрерывного источника. Производительность источника. Аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ) как наилучший тестовый помеховый сигнал.

Раздел 3 (очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ)

### ***Модели и методы исследования каналов***

Классификация каналов электросвязи. Физические характеристики каналов. Динамический диапазон канала.

Особенности распространения сигналов в проводных и радиоканалах. Многолучевое распространение. Явления замирания.

Модели непрерывных каналов. Идеальный канал без помех, канал с аддитивным гауссовым шумом. Канал с неопределенной фазой сигнала, однолучевой канал с замираниями. Канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным шумом. Модель многолучевого распространения.

Модели дискретных каналов.

Модели волоконно-оптических каналов связи. Квантовый шум. Распределение фонового излучения на выходе фотодетектора и смеси сигнала с фоновым излучением.

Многоканальная связь. Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи. Условия делимости сигналов.

Частотный, временной, фазовый методы разделения каналов. Структурные схемы многоканальных систем. Особенности формирования групповых сигналов и построения разделяющих устройств.

Разделение сигналов по форме (кодовое). Комбинационное разделение сигналов. Многочастотные и многофазовые сигналы. Многопозиционные сигналы с амплитудно-фазовой модуляцией.

Система передачи с многостанционным доступом (ММО). Свойства псевдослучайных (шумоподобных) сигналов. Методы расширения спектра.

Поляризационное разделение каналов. Пространственное разделение каналов.

Информационные характеристики каналов. Информационная ёмкость и пропускная способность непрерывного канала, их зависимость от частоты. Формула Шеннона. Возможность обмена полосы пропускания на мощность сигнала. Сравнение пропускной способности дискретных и непрерывных каналов. Пропускная способность систем многоканальной связи. Влияние взаимных помех на пропускную способность канала.

Раздел 4

### ***Простейшие устройства систем передачи информации и методы их исследования***

*Дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»:* Цепи с обратной связью (ОС). Положительная и отрицательная обратная связь. ОС по току и напряжению. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на характеристики цепи. Исследование устойчивости цепи с обратной связью.

Генераторы. Классификация генераторов. Автогенераторы. Условие баланса амплитуд и фаз. Физика работы автогенератора гармонических колебаний. Колебательная характеристика. Методы определения уровня генерируемого сигнала. Уравнение автогенератора. Нестабильность частоты в различных схемах генераторов. Экспериментальное исследование свойств генератора сигналов.

Преобразование частоты. Схема и физика работы.

Умножение частоты. Схема и физика работы.

*Очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ: Модуляция. Классификация типов модуляции. Аналоговые виды модуляции. Импульсные виды модуляции. Радиоимпульсы и их спектры.*

Формирование сигналов амплитудной модуляции, однополосной АМ, АМ с подавленной несущей. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов АМ-сигналов. Коэффициент модуляции. Модуляционная характеристика. Выбор режима нелинейного элемента.

Формирование сигналов угловой модуляции. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов сигналов угловой модуляции.

Идентификация вида модуляции. Исследование свойств модулированного сигнала по его спектру, по осциллограмме.

Детектирование. Детектирование АМ-сигналов. Квадратичное детектирование – схема, физика работы, коэффициент детектирования, коэффициент нелинейных искажений. Детектирование сильного сигнала – схема, физика работы. Экспериментальное исследование модулятора и его режимов работы, исследование детектора.

Детектирование сигналов угловой модуляции. Схемы, физика работы. Настройки схем. Принцип когерентного и некогерентного детектирования.

### **Лабораторный практикум (проводится очно)**

Перечень лабораторных работ по курсу:

*Лабораторная работа №1 «Исследование спектров простейших сигналов».*

*Лабораторная работа №2 «Исследование свойств ортогональности сигналов».*

*Лабораторная работа №3 «Дискретизация сигналов (теорема Котельникова)».*

*Лабораторная работа №4 «Передача дискретных сигналов».*

*Лабораторная работа №5 «Передача аналоговых сигналов».*

*Лабораторная работа №6 «Амплитудная модуляция и детектирование».*

*Лабораторная работа №7 «LC- и RC-генераторы»*

**Итоговое тестирование по курсу** проводится дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)».

### **5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения проводятся практические и лабораторные занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

1) **Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и 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.

2) **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.

Задействованы:

– интерактивная лекция.

3) **Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях.

Задействованы:

– решение задач;

– коллективная мыслительная деятельность, в т.ч. мозговой штурм;

– анализ конкретных ситуаций.

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

Задействованы:

– допуск к выполнению экспериментальных исследований,

– коллективная работа в ходе выполнения лабораторной работы,

– командная защита отчёта.

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

6) **Асинхронная консультация** (в рамках онлайн курса) – занятие по окончании модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

## **6. Перечень электронных ресурсов и информационных технологий, используемых образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова DemidOnline по ссылке: <https://demidonline.uniyar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.2x+2020/about>

– материалы курса «Электроника и схемотехника», размещённого в LMS Moodle ЯрГУ,

– для моделирования электрических цепей – Qucs 0.0.18 (GNU GPL), LTspice XVII (freeware, Copyright by Analog Devices)

– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Акулиничев Ю.П. Теория электрической связи. – М.: Лань, 2010. – 233 с.

[http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=757080&cat\\_cd=YARSU](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=757080&cat_cd=YARSU)

<https://e.lanbook.com/book/10853> (электронный ресурс)

2. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Павлов О.А., Распаев Ю.А., Стародубцев В.Г., Хворов И.А. Теория электрической связи. Конспект лекций. - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. - 148 с.

<http://books.ifmo.ru/file/pdf/1009.pdf> (электронная версия, свободный доступ)



#### **б) дополнительная литература:**

1. Артёмова Т.К., Гвоздарёв А.С. Основы радиоэлектроники: задачник. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с.  
[http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=847360&cat\\_cd=YARSU](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=847360&cat_cd=YARSU)  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100745.pdf> (электронная версия)
3. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2003. - 462 с.  
[http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=305228&cat\\_cd=YARSU](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=305228&cat_cd=YARSU)
2. Кловский Д. Д., Шилкин В. А. Теория электрической связи: сборник задач и упражнений: учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1990. - 280 с.  
[http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=766614&cat\\_cd=YARSU](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=766614&cat_cd=YARSU)
3. Жуков В. П. Сборник задач по курсу "Радиотехнические цепи и сигналы": учеб. пособие для вузов. / В. П. Жуков, В. Г. Карташев, А. М. Николаев; под. ред. А. М. Николаева; М-во высш. и сред. спец. образования СССР. - М.: Советское радио, 1972. - 190 с.  
[http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=375562&cat\\_cd=YARSU](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=375562&cat_cd=YARSU)

#### **в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) по ссылке: <https://demidonline.uniyar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.2x+2020/about>
2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)).
4. Калькулятор цветовой маркировки резисторов <https://www.chipdip.ru/info/rescalc>
5. Ряды номиналов радиодеталей / статья в Интернет-энциклопедии «Википедия» [http://Wikipedia.org/Ряды\\_номиналов\\_радиодеталей](http://Wikipedia.org/Ряды_номиналов_радиодеталей)

#### **8. 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 лабораторных работ;
- 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.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, а также материалам онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Автор:

Доцент кафедры инфокоммуникации и радиофизики, к.ф.-м.н.  Т.К. Артёмова

*(подпись)*

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Теоретические основы радиотехники»**

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

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,  
характеризующих этапы формирования компетенций**

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

**Задания для самопроверки**

(эквивалентные задания по разделам и модулям онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯргУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline)

**Домашние задания**

**Задания по теме № 1 «Общие сведения о системах электросвязи» – Домашнее задание №1**

Решить задачи

1. Мощность передатчика 50 Вт, потери в каждом из джамперов 0,1 дБ, погонное затухание в кабеле на выбранной частоте 0,05 дБ/м, длина кабеля 30 м. Определите суммарные потери в фидере и мощность, подведённую к антенне, в Вт и дБм.

2. КСВ в питающем антенну кабеле равно 1,5. Определите потери на рассогласование, а также коэффициент отражения от антенны и КПД соединения «кабель – антенна».

3. Антенна соединена с передатчиком без магистрального кабеля, потерями в очень коротком соединительном кабеле можно пренебречь. К антенне поступает мощность 10 Вт, максимальный коэффициент усиления антенны 18 дБ, КСВ равен 1,5. Выразите максимальный коэффициент усиления в раз, определите потери мощности и эффективную излучаемую мощность в дБм и раз.

4. Диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости круговая, в вертикальной – описывается законом  $F(\theta) = |\sin\theta|$ . Максимальная эффективная излучаемая мощность равна 20 дБм. Определите, какая эффективная мощность излучается в направлении 60 градусов к горизонту, к земле.

5. Эффективная излучаемая мощность составляет 10 дБм. Потери на трассе распространения сигнала 100 дБ. Какова мощность сигнала, приходящего на вход приёмной антенны?

6. На входе антенны мощность сигнала равна -70 дБм. Потери в антенно-фидерном тракте приёмника составляют 1 дБ, а коэффициент усиления антенны на центральной частоте сигнала равен 15 дБ. Определите уровень сигнала в дБм и Вт на входе приёмника.

7. На входе приёмника отношение сигнал-шум меньше необходимого для поддержания заданного уровня качества приёма на 3 дБ. Во сколько раз следует изменить коэффициент усиления передающей антенны, чтобы качество было заданным?

8. На входе приёмника отношение сигнал-шум меньше необходимого для поддержания заданного уровня качества приёма на 5 дБ. Во сколько раз следует изменить мощность передатчика, чтобы качество было заданным?

1.9. При некотором расстоянии  $R$  между передатчиком и приёмником на входе приёмника отношение сигнал-шум меньше необходимого для поддержания заданного уровня качества приёма на 10 дБ. На каком расстоянии качество будет заданным?

### **Задания по теме № 2 «Модели и методы исследования сигналов» – Домашнее задание №2**

1. Решить задачи 1 – 14 из раздела №1 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке дополнительной литературы.
2. Решить задачи 1 – 8 из раздела №2 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с. рекомендованного в списке дополнительной литературы.
3. Решить задачи 1 – 10 из раздела №3 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с. рекомендованного в списке дополнительной литературы.

### **Задания по теме № 3 «Модели и методы исследования каналов» – Домашнее задание №3**

#### **Решите задачи**

1. В канале связи действует помеха со средней мощностью 1 мкВт, а предельно допустимая мощность сигнала равна 1 Вт. Определите динамический диапазон канала.
2. В точке приёма сигнала уровень помехи в среднем равен 1 мкВт, уровень полезного сигнала 10 мВт. Определите отношение сигнал-помеха в этой точке.
3. Источник выдаёт 10 символов в секунду, энтропия источника 0,5 бит/символ в среднем. Определите скорость работы (в Бод) и производительность источника.
4. Максимальное количество информации, которое можно передать по каналу за 10 секунд, равно 200 Мб. Определите пропускную способность источника. Оцените максимальную скорость передачи информации.
5. Определите информационный объём канала с динамическим диапазоном из задачи 1, если он имеет полосу пропускания 5 МГц, и для передачи предоставляется время 2 мс.
6. Определите пропускную способность канала, имеющего полосу пропускания 25 МГц при отношении сигнал-шум на входе приёмника 10 дБ.
7. В канале из задачи 6 уровень помех в некоторый момент возрос в 10 раз. Определите, как изменится текущая скорость передачи информации по каналу.
8. Определите ёмкость системы с частотным разделением каналов, если число каналов равно 10, а каждому абоненту обещала скорость не ниже 10 Мбит/с.
9. Помеха типа АБГЛ имеет среднюю мощность 1 мкВт. Определите дифференциальную энтропию такого источника. Сравните её с энтропией источника с равномерным распределением плотности вероятности уровней на единичном интервале значений.

10. Постоянная времени канала 1 мкс. Определите величину защитного интервала для системы с временным разделением каналов.

11. Система с ВРК построена на канале из задачи 10. Сигнал дискретизирован с интервалом 20 мкс, и его отсчёты передаются импульсами длительностью 0,1 мкс. Определите, какое количество каналов формируется в такой системе.

12. Многоканальная система с частотным разделением каналов использует сигнал в виде прямоугольного импульса длительностью 2 мс. Защитный интервал равен 1 кГц. Определите ширину спектра группового сигнала, если число каналов равно 25.

13. Для кодирования сигналов используются кодовые комбинации  $x_1=(1\ 0\ 1\ 1\ 1)$  и  $x_2=(1\ 1\ 0\ 1\ 1)$ . Определите величину их скалярного произведения и укажите, являются ли они ортогональными.

14. Для кодовых комбинаций из задачи 13 определите величину расстояния между кодовыми комбинациями и оцените их различимость приёмником.

15. Определите возможное число абонентов системы связи с кодовым разделением каналов, если система кодирует символы источника (импульсы длительностью 1 мкс, прямоугольные) пятисимвольным кодом.

#### **Задания по теме № 4 «Простейшие устройства систем передачи информации и методы их исследования» – Домашнее задание №4**

1. Решить следующие задачи.

1.1. Определить, во сколько раз уменьшается коэффициент усиления усилителя с коэффициентом передачи по напряжению 200 при охвате его последовательной отрицательной обратной связью по напряжению в виде четырехполосника с коэффициентом передачи  $\beta=R_1/(R_1+R_2)=0,05$ .

1.2. В схеме усилителя с цепью обратной связи, как в задаче 1, с коэффициентом усиления 10 произошло случайное короткое замыкание резистора  $R_1=0,5$  кОм. До какой величины изменится коэффициент усиления схемы, если второй резистор цепи ООС имеет сопротивление 10 кОм?

1.3. Определить входное напряжение, необходимое для получения выходного напряжения 25 В в схеме усилителя из задачи 1. Коэффициент усиления усилителя без обратной связи 200. Резисторы в цепи обратной связи имеют сопротивления 0,5 ( $R_1$ ) и 10 кОм.

1.4. Определить напряжение на выходе усилителя с последовательной обратной связью (как в задаче 1) и коэффициентом усиления без обратной связи 10, если на вход усилителя одновременно с входным сигналом с напряжением 0,2 В поступает напряжение обратной связи 0,1 В, действующее в противофазе с входным.

1.5. Какой величины необходимо подать сигнал на вход усилителя, охваченного ООС с  $\beta=0,05$ , для того, чтобы получить на выходе усилителя сигнал с напряжением 2 В, если коэффициент усиления цепи без обратной связи равен 10.

1.6. Определить напряжение обратной связи, если при подключении последовательной отрицательной обратной связи с коэффициентом передачи  $\beta=0,2$  выходное напряжение усилителя стало равным 2 В.

1.7. Определить напряжение обратной связи, если при подключении цепи отрицательной последовательной обратной связи коэффициент усиления усилителя с  $K_u=10$  уменьшился в два раза, а выходное напряжение стало равным 3 В.

1.8. Определить входной ток, входное напряжение и коэффициент усиления усилителя, работающего от генератора напряжения с э.д.с. 0,6 В и внутренним сопротивлением 0,5 кОм, если выходное напряжение 10 В. Коэффициент усиления усилителя без обратной связи равен 100, а его входное сопротивление 0,5 кОм. Вы-

1.9. На вход каскада усилителя, охваченного ООС, поступает сигнал с напряжением 1 В. Чему равны выходное напряжение, напряжение на входе основного

блока, напряжение обратной связи и общий коэффициент усиления цепи по напряжению, если без обратной связи коэффициент усиления равен 60, а иных,  $U$ ,  $U_{ос}$  и  $K_u$  ее, если  $K=60$ , а  $\beta=0,07$ ?

1. Решить задачи 6 – 8 из раздела №9 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с. рекомендованного в списке дополнительной литературы.
2. Решить следующие задачи
  - 3.1. Однотональный АМ-сигнал описывается моделью  $u(t)=500(1+0.8\cos(10^4t+45^\circ))\cos(10^7t+90^\circ)$ . Постройте в масштабе векторную диаграмму данного сигнала, отвечающую моменту времени  $t=0$ .
  - 3.2. Амплитудно-модулированный сигнал описывается моделью  $u(t)=12(1+0.6\cos10^3t+0.2\cos2000t)\cos10^5t$ .

Найдите наибольшее и наименьшее значения огибающей сигнала.

3.3. Однотональный АМ-сигнал характеризуется тем, что  $U_{max}=130$  В,  $U_{min}=20$  В. Найдите коэффициент модуляции, а также амплитуду несущего колебания.

3.4. Оцените ширину полосы частот, занимаемую телеграфным радиоканалом, работающим по принципу АМ со скоростью передачи 300 знаков/мин, если передаваемый сигнал – периодическая последовательность точек кода Морзе, а длительность паузы равна длительности передаваемого импульса.

3.5. Колебание с угловой модуляцией описывается выражением

$$u(t)=15\cos(10^8t+3\sin10^6t+1.4\sin10^5t+45^\circ).$$

Найдите величину мгновенной частоты сигнала в момент времени  $t=1$  мкс.

3.6. Найдите максимальное и минимальное значения мгновенной частоты ЧМ-сигнала, представляемого выражением

$$u(t)=2(3\cdot10^9t+2\sin10^7t+30^\circ).$$

3.7. Однотональный ЧМ-сигнал имеет несущую частоту 50 МГц и частоту модуляции 7 кГц. Определите, в каких пределах должна изменяться мгновенная частота этого колебания для того, чтобы индекс модуляции был равен 40.

3.8. Однотональный ЧМ-сигнал имеет частоту модуляции 12 кГц и индекс модуляции 25. Определите практическую ширину спектра этого колебания.

3.9. Радиосигнал с фазовой модуляцией имеет индекс 16. Оцените число боковых колебаний, присутствующих в пределах полосы частот, центр которой совпадает с несущей частотой, а ширина соответствует практической ширине спектра сигнала.

3.10. Прямоугольный ЛЧМ-импульс с длительностью 40 мкс имеет базу 500. Определите девиацию частоты.

3.11. ЛЧМ-импульс с огибающей прямоугольной формы имеет длительность 15 мкс. Девиация частоты за время импульса 25 МГц. Определите базу сигнала и скорость нарастания частоты.

### Задания для самостоятельной работы заочной формы обучения

Задания включают задания, предназначенные для самопроверки (задание 1.1, задание 2.1 и т.п., ответы на которые либо имеются в тексте учебной литературы, либо представляют собой обобщение сведений источников и опытных фактов, либо имеются в рекомендованных интернет-источниках или электронных базах данных), и домашние задания, приведённые в этом же разделе выше, которые необходимо сдать на проверку преподавателю.

#### Задания по теме №1 «Общие сведения о системах электросвязи»

##### Задание 1.1

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по темам «физические принципы передачи и приёма информации», «виды систем связи». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Изобразите структурную схему системы передачи информации.
3. Объясните роль каждого блока в этой системе.
4. Укажите, какими блоками можно пренебречь в модели системы, если это система проводной связи; аналоговой связи.
5. Назовите показатели качества функционирования системы связи.
6. Приведите примеры различных режимов связи в форме таблицы: режим – пример использования.
7. Какие есть правила при осуществлении дискретизации и квантования сигналов?

#### *Задание 1.2*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «энергетический расчёт радиоприёмника». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Составьте алгоритм расчёта: укажите перечень исходных данных, последовательность действий, искомый результат.

### **Задания по теме №2 «Модели и методы исследования сигналов»**

#### *Задание 2.1*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «спектральный анализ сигналов». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Выпишите формулы для расчётного определения спектра периодического и непериодического сигналов.
3. Чем отличаются спектры периодического и непериодического сигналов?
4. Назовите свойства спектров.
5. Приведите примеры изменения спектров сигналов в ходе их преобразования цепями в форме таблицы: изменение (свойство) – пример.
6. Выпишите формулу спектра одиночного прямоугольного импульса.
7. Запишите выражение для ширины спектра прямоугольного импульса по первым нулям.
8. Какая доля энергии заключена в части спектра прямоугольного импульса, расположенной между первыми нулями спектра?
9. Какую информацию несёт спектр сигнала?
10. Каким оборудованием можно измерить спектр?

#### *Задание 2.2*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «корреляционный анализ сигналов». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Что показывает функция взаимной корреляции двух сигналов (её модуль и знак)?
3. Приведите примеры построения устройств или методов, основанных на вычислении взаимной корреляционной функции.
4. Какую информацию несёт автокорреляционная функция сигнала?

#### *Задание 2.3*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «статистический анализ сигналов». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Какая компонента сигнала обеспечивает рабочую точку обрабатывающих его устройств?
3. Приведите примеры использования белых моделей шумов в форме таблицы: модель – пример.

4. Объясните, почему в качестве спектра случайного процесса используют спектральную плотность мощности, а не напряжения или тока.
5. Приведите примеры использования нормального и равномерного законов распределения вероятности в системах передачи информации в форме таблицы: закон – пример.
6. Какую информацию о случайном процессе даёт его спектр?
7. Укажите способ определения мощности помехи, попадающей в основной канал приёмника, если известен спектр помехи.

### **Задания по теме №3 «Модели и методы исследования каналов»**

#### *Задание 3.1*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «непрерывные каналы связи». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Опишите процесс распространения сигнала в радиоканале в условиях: а) прямой видимости; б) многолучевого распространения.
3. Какова физическая модель канала в каждом из этих случаев?
4. Приведите примеры применения моделей взаимодействия полезного сигнала и шума в различных точках системы связи в форме таблицы: модель – пример применения (точка системы).
5. Перечислите, какими физическими характеристиками описывается непрерывный канал связи.

#### *Задание 3.2*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «многоканальная связь». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Выпишите критерий проверки, являются ли сигналы подходящими кандидатами на роль носителей в многоканальной системе связи.
3. Опишите особенности реализации аппаратуры объединения и аппаратуры разделения каналов для различных методов разделения каналов в форме таблицы: метод разделения – особенности построения аппаратуры.
4. Сравните различные методы разделения каналов между собой.

#### *Задание 3.3*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «информационные характеристики каналов». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Сравните между собой непрерывные и дискретные каналы с различными размерами алфавита по их информационным характеристикам.
3. Перечислите факторы, определяющие пропускную способность канала.
4. Укажите способы передачи широкополосных сигналов по узкополосным каналам.

### **Задания по теме №4 «Простейшие устройства систем передачи информации и методы их исследования»**

#### *Задание 4.1*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «цепи с обратной связью». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Приведите примеры использования положительной и отрицательной обратной связи в форме таблицы: вид обратной связи – пример.
3. На какие характеристики цепи оказывает влияние введение обратной связи?
4. При каких условиях цепь с обратной связью может выполнять функции автогенератора?



5. Как определяют устойчивость цепи с обратной связью?

*Задание 4.2*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «генераторы». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Изобразите схему LC-автогенератора.
3. Опишите назначение каждого элемента в схеме.
4. Укажите необходимые настройки настраиваемых цепей и режимы работы нелинейного элемента.
5. Чем определяется форма сигнала с выхода автогенератора?
6. Чем определяется уровень сигнала, генерируемого автогенератором?

*Задание 4.3*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «модуляция». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Приведите примеры применения аналоговых видов модуляции в форме таблицы: вид модуляции – пример применения.
3. Приведите примеры применения импульсных видов модуляции в форме таблицы: вид модуляции – пример применения.
4. Укажите хотя бы один способ экспериментального определения коэффициента модуляции: а) амплитудной, б) угловой.
5. Выпишите формулы для практической ширины спектра АМ, ЧМ, ФМ-сигналов.
6. Опишите экспериментальный выбор условий работы для амплитудного модулятора.

*Задание 4.4*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по теме «детектирование». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Сравните амплитудное детектирование сильного и слабого сигналов в форме таблицы: уровень сигнала – особенности детектирования, используя критерии: режим работы нелинейного элемента (модель его ВАХ), тип используемого фильтра.
3. Сравните различные виды модуляции по помехоустойчивости.
4. Какие возможности управления процессом детектирования существуют?
5. Как определить качество детектирования сигнала экспериментально?

*Задание 4.5*

1. Ознакомьтесь с литературой из списка основной литературы по темам «преобразование частоты», «умножение частоты». При необходимости воспользуйтесь дополнительной литературой.
2. Опишите, в чём сходство, а в чём различие построения устройств, реализующих умножение частоты и преобразование частоты.
3. Какими характеристиками описываются эти устройства?
4. Изобразите схему преобразователя частоты вверх и укажите настройки, необходимые для качественной работы схемы.
5. Укажите способ получения некоторой промежуточной частоты в системе связи.

## Задания для контрольной работы

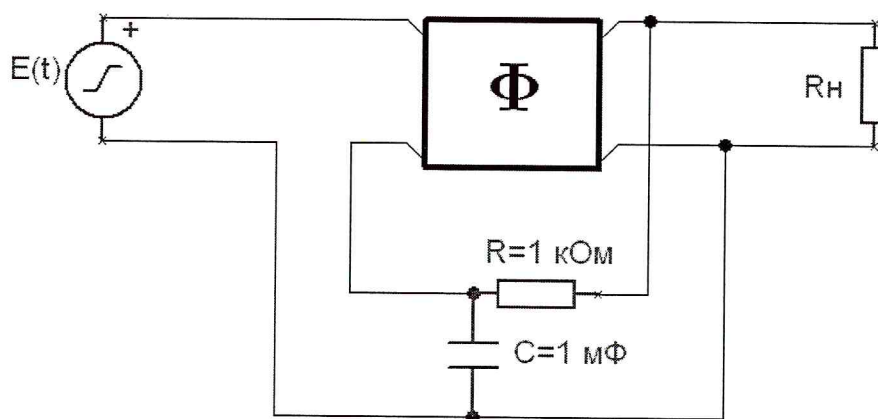
Приводятся для варианта №1

**№1.1** Для одиночного симметричного относительно начала отсчёта экспоненциально спадающего радиоимпульса со скоростью спадающей огибающей  $\lambda$ , частотой заполнения  $\Omega$  и максимальным значением огибающей  $U$  найти: 1) комплексный спектр, 2) амплитудный спектр, 3) фазовый спектр, 4) графики амплитудного и фазового спектра, 5) постоянную составляющую, 6) нули огибающей, 7) ширину спектра по уровню  $-6$  дБ.

**№1.2** В спектре сигнала с угловой модуляцией существенными оказались компоненты на частотах (5 кГц, 10 кГц, 15 кГц) с амплитудами (0,1 мВ, 0,1 В, 0,1 мВ). Приведите 1) аналитическую форму записи сигнала, 2) амплитудную и фазовую спектральные диаграммы, 3) индекс модуляции, 4) практическую полосу частот, занимаемую таким сигналом, 5) укажите, как она изменится, при увеличении глубины модуляции в  $10^4$  раз.

**Указание:** для функций Бесселя можно использовать асимптотическое представление  $J_n(x)|_{x=0} \approx \frac{x^n}{2^n n!}$

**№1.3** Фильтрующее звено  $\Phi$ , охваченное обратной связью, представляет собой каскадное соединение ФНЧ первого порядка с постоянной времени 1 с/рад. и ФВЧ первого порядка с постоянной времени  $\alpha$ . Для данной цепи: 1) охарактеризуйте обратную связь, 2) укажите как её введение влияет на входное и выходное сопротивления, 3) укажите как её введение влияет на граничные частоты, 4) определите при каких  $\alpha$  цепь будет устойчивой (используя критерий Рауса-Гурвица), 5) определите при каких  $\alpha$  цепь будет устойчивой (используя критерий Михайлова).



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

### Список вопросов к экзамену

(экзамен выставляется по результатам выполнения домашних заданий, контрольной работы, лабораторных работ и ответов на вопросы)

1. Сообщения, их источники и получатели. Сигнал как носитель сообщения. Сообщение и информация. Система связи и канал связи. Структурная схема системы связи. Дискретные и непрерывные каналы, их основные характеристики. Решающее устройство. Понятие синхронизации и принципы ее обеспечения в системах электросвязи. Симплексный, полудуплексный и дуплексный режимы связи. Основные характеристики систем передачи информации: помехоустойчивость и скорость передачи. Пропускная способность системы передачи информации.
2. Энергетический расчёт радиолинии.
3. Физические принципы передачи и приёма информации.
4. Классификация сигналов и сообщений с примерами.
5. Представление сообщений и сигналов в различных метрических пространствах. Скалярное произведение и расстояние между сигналами. Норма сигнала.
6. Обобщенный ряд Фурье. Спектры периодических и непериодических сигналов.
7. Спектр прямоугольного импульса. Описание спектров: уровень постоянной составляющей, уровень боковых лепестков, огибающая, нули, ширина спектра. Равенство Парсеваля. Неравенство Бесселя.
8. Свойства спектров.
9. Спектр пачки импульсов.
10. Математические модели детерминированных сигналов. Их спектры.
11. Корреляционные свойства детерминированных сигналов. АКФ, ВКФ, интервал корреляции. Ортогональность сигналов.
12. Основные параметры сигналов: длительность, ширина спектра и динамический диапазон. Примеры: речевые (телефонные), вещательные, телевизионные, телеграфные сигналы, сигналы передачи данных.
13. Помехи и искажения в каналах. Аддитивные и мультипликативные помехи. Классификация помех по физическим свойствам и происхождению.
14. Цепи с обратной связью. Положительная и отрицательная обратная связь. ОС по току и напряжению. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на коэффициент передачи, входное и выходное сопротивление цепи.
15. Генераторы. Классификация генераторов. Автогенераторы. Условие баланса амплитуд и фаз. Физика работы автогенератора гармонических колебаний. Колебательная характеристика. Методы определения уровня генерируемого сигнала. Уравнение автогенератора. Нестабильность частоты в различных схемах генераторов.
16. Преобразование частоты. Схема и физика работы. Умножение частоты. Схема и физика работы.
17. Классификация типов модуляции. Аналоговые виды модуляции. Импульсные виды модуляции. Роль модуляции в системе связи, в радиолокации, в системах другого назначения. Сравнение различных видов модуляции.
18. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов АМ-сигналов. Коэффициент модуляции.
19. Формирование сигналов амплитудной модуляции, однополосной АМ, АМ с подавленной несущей. Модуляционная характеристика. Выбор режима нелинейного элемента.
20. Осциллограммы, временные и спектральные диаграммы различных типов сигналов угловой модуляции.
21. Формирование сигналов угловой модуляции.

22. Детектирование. Детектирование АМ-сигналов. Детектирование сильного сигнала – схема, физика работы.
23. Квадратичное детектирование – схема, физика работы, коэффициент детектирования, коэффициент нелинейных искажений.
24. Детектирование сигналов угловой модуляции. Схемы, физика работы. Настройки схем. Принцип когерентного и некогерентного детектирования.
25. Радиоимпульсы и их спектры.
26. Классификация каналов электросвязи. Модели непрерывных каналов. Идеальный канал без помех, канал с аддитивным гауссовым шумом. Канал с неопределенной фазой сигнала, однолучевой канал с замираниями. Канал с межсимвольной интерференцией и аддитивным шумом.
27. Многолучевое распространение. Модель многолучевого распространения.
28. Модели дискретных каналов.
29. Информационные характеристики дискретных и непрерывных источников сообщений.
30. Информационная ёмкость и пропускная способность непрерывных и дискретных каналов связи. Формула Шеннона. Возможность обмена полосы пропускания на мощность сигнала. Сравнение пропускной способности дискретных и непрерывных каналов.
31. Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи. Условия делимости сигналов. Обобщенная схема многоканальной системы передачи. Виды многоканальных систем. Пропускная способность систем многоканальной связи. Влияние взаимных помех на пропускную способность канала.
32. Частотное, временное и фазовые разделения сигналов. Структурные схемы многоканальных систем. Особенности формирования групповых сигналов и построения разделяющих устройств.
33. Разделение сигналов по форме, возможности, структурная схема. Комбинационное разделение сигналов. Многочастотные и многофазовые сигналы. Многопозиционные сигналы с амплитудно-фазовой модуляцией. Поляризационное разделение каналов.
34. Системы передачи с многостанционным доступом. Примеры псевдослучайных (шумоподобных) сигналов: последовательности Баркера и другие, шумоподобные сигналы на основе частотно-временных матриц. Методы расширения спектра. Прямое расширение спектра. Частотно-временные скачки.

**Задание для тестового контроля или для самоконтроля студентами уровня сформированности компетенций**

*Впишите в правом столбце под номером букву, соответствующую верному из ответов*

<b>1. Квадратичную аппроксимацию ВАХ применяют для</b> а) диода в режиме слабого сигнала    б) резистора при любых сигналах в) источника напряжения г) биполярного транзистора в режиме сильного сигнала с большим смещением	1
<b>2. Максимальное число составляющих в спектре тока через нелинейный элемент с квадратичной ВАХ при гармоническом воздействии</b> а) 3    б) 5    в) 7    г) ∞	2
<b>3. Косинус угла отсечки тока при гармоническом воздействии на нелинейный элемент с кусочно-линейной аппроксимацией ВАХ</b> а) $\frac{E_n - U}{U_0}$ б) $\frac{U_0}{E_n}$ в) $\frac{U_0 - U}{E_n}$ г) $\frac{E_n - U_0}{U}$	3
<b>4. Прямоугольный импульс имеет высоту 2 В и длительность 3 мс. Постоянная составляющая в его спектре</b> а) 2 В    б) 6 мВ/Гц    в) 2/3 В    г) 3/2 В/Гц	4
<b>5. Прямоугольный импульс имеет высоту 2 В и длительность 3 мс. Ширина его спектра</b>	5

по первым нулям				
а) 333 Гц	б) 3 кГц	в) 6 кГц	г) 667 Гц	
6. В процессе формирования сигнала $s(t)$ сигнал $s_1(t)$ усиливается в 10 раз и затем синфазно смешивается с сигналом $s_2(t)$ . Связь спектров этих сигналов имеет вид				6
а) $\dot{S}(\omega) = 10\dot{S}_1 + \dot{S}_2$	б) $\dot{S}(\omega) = 10\dot{S}_1 - \dot{S}_2$			
в) $\dot{S}(\omega) = 10(\dot{S}_1 + \dot{S}_2)$	г) $\dot{S}(\omega) = 10(\dot{S}_1 - \dot{S}_2)$			
7. Спектры на входе и выходе цепи, выполняющей дифференцирование, связаны				7
а) $\dot{S}_{\text{вых}}(\omega) = i\omega\dot{S}_{\text{вх}}(\omega)$	б) $\dot{S}_{\text{вых}}(\omega) = \omega\dot{S}_{\text{вх}}(\omega)$			
в) $\dot{S}_{\text{вых}}(\omega) = \dot{S}_{\text{вх}}(\omega)/(i\omega)$	г) $\dot{S}_{\text{вых}}(\omega) = -\dot{S}_{\text{вх}}(\omega)/\omega$			
8. Символ кодируется восемью чипами. При этом спектр				8
а) усиливается в 8 раз	б) расширяется в 8 раз			
в) сужается в 16 раз	г) наклоняется на $8^\circ$			
9. Средние значения сигналов $u_1(t) = 2 \cos(10^3 t + \pi/4)$ , В и $u_2(t) = 1 + 4 \cos(10^3 t - \pi/4)$ , В равны				9
а) 1 В; 5 В	б) 1 В; 3 В	в) 2 В; 5 В	г) 0; 1 В	
10. Среднеквадратические значения сигналов $u_1(t) = 2 \cos(10^3 t + \pi/4)$ , В и $u_2(t) = 1 + 4 \cos(10^3 t - \pi/4)$ , В равны				10
а) 0 В; 1 В	б) $2\sqrt{2}$ В; $1 + 4\sqrt{2}$	в) $2/\sqrt{2}$ В; 3В	г) 2 В; 5В	
11. Максимальная мгновенная мощность сигнала 10 мВт, средняя - 1 мВт, минимально отличимая от нуля - 1 нВт. Динамический диапазон и пик-фактор сигнала				11
а) 70 дБ; 10 дБ	б) 10 дБ; 70 дБ	в) 40 дБ; 20 дБ	г) 20 дБ; 40 дБ	
12. Наиболее помехоустойчивая из перечисленных модуляция				12
а) частотная	б) амплитудная	в) фазовая	г) относительная фазовая	
13. Верхняя частота в спектре модулирующего напряжения 10 кГц. Коэффициент 0,7. Ширины спектров полной и балансной амплитудной модуляции				13
а) 10 кГц; 10 кГц	б) 20 кГц; 20 кГц	в) 24 кГц; 12 кГц	г) 24 кГц; 24 кГц	
14. Верхняя частота в спектре модулирующего напряжения 20 кГц. Коэффициент модуляции 1000. Ширины спектров однополосной ФМ и полной ЧМ равны				14
а) 20 кГц; 40 кГц	б) 10 МГц; 20 МГц	в) 20,01 МГц; 40,02 МГц	г) 20,01 МГц; 20,01 МГц	
15. Ширина спектра модулирующего напряжения 4 кГц, коэффициент модуляции 0,7, несущая частота 100 МГц. Ширина спектра однополосной балансной амплитудной модуляции				15
а) 4 кГц	б) 8 кГц	в) 9,6 кГц	г) 4,8 кГц	
16. На осциллограмме амплитудно-модулированного напряжения видно, что амплитуда изменяется от 2 до 4 В по гармоническому закону. Напряжение несущей и коэффициент модуляции равны				16
а) 2 В; 0,5	б) 3 В; 3	в) 6 В; 2	г) 3 В; 0,33	
17. Девиация частоты однотонального ЧМ-сигнала с модулирующей частотой 10 кГц и несущей 100 МГц равна 100 кГц. Коэффициент модуляции и диапазон перестройки частоты равны				17
а) 1000; от 100 до 100,1 МГц	б) 10000; от 99,95 до 100,05 МГц			
в) 10,001; от 0 до 100 кГц	г) 10; от 99,9 до 100,1 МГц			
18. Модуляция, при которой изменяется положение несущих импульсов на временной оси				18
а) АИМ	б) ЧИМ	в) ШИМ	г) ФИМ	
19. У радиоимпульса с прямоугольной (амплитуда 1 В, длительность 1 нс) огибающей и гармоническим (2 В, 100 ГГц) несущим сигналом максимальное мгновенное значение напряжения и ширина спектра равны				19
а) 1 В; 10 ГГц	б) 3 В; 2 ГГц	в) 2 В; 2 ГГц	г) 4 В; 1 МГц	
20. Спектр модулированного напряжения приведён на рисунке. Какой это тип модуляции и				20

<p><b>сколько тонов в модулирующем сигнале?</b>  а) однополосная ЧМ; 1  б) ФМ; 1  в) однополосная АМ; 2  г) однополосная БАМ; 2</p>		21
<p><b>21. Спектр модулированного напряжения приведён на рисунке. Амплитуда несущей и коэффициент модуляции верхнего тона равны</b>  а) 5 В; 0,67                                    б) 15 В; 0,33  в) 5 В; 23/35                                    г) 6,25 В; 0,5</p>		21
<p><b>22. Амплитудные модулятор и детектор построены на биполярных транзисторах. Какие оптимальные углы отсечки должны обеспечивать настройки этих схем?</b>  а) 180°; 180°                                    б) 180°; 90°                                    в) 0°; 90°                                    г) 45°; 45°</p>		22
<p><b>23. На вход квадратичного детектора поступают однотональный АМ-сигнал с амплитудой несущей 1 В и коэффициентом модуляции 0,6. Какого значения коэффициента нелинейных искажений следует ожидать?</b>  а) 0,15                                    б) 0,09                                    в) 0,3                                    г) 0,18</p>		23
<p><b>24. Коэффициент нелинейных искажений схемы 0,5. Какова суммарная мощность паразитных гармоник, порождаемых схемой, если номинальное значение мощности полезного сигнала 1 мВт? Считать сопротивление схемы для всех гармоник близким.</b>  а) 250 мкВт                                    б) 500 мкВт                                    в) 1 мВт                                    г) 2 мВт</p>		24
<p><b>25. Два четырёхполюсника соединены последовательно-параллельно, при этом сигнал второго противофазен сигналу первого. По какой физической величине и какого знака обратная связь таким образом организована?</b>  а) по току; ПОС                                    б) по току; ООС                                    в) по напряжению; ПОС                                    г) по напряжению; ООС</p>		25
<p><b>26. При последовательно-параллельном соединении двух четырёхполюсников на некоторой частоте значения их АЧХ и ФЧХ <math>A_1(f_1) = 4</math>, <math>\varphi_1(f_1) = \pi</math>, <math>A_2(f_1) = 0,25</math>, <math>\varphi_2(f_1) = \pi</math>. Схема организует:</b>  а) усилитель с ПОС                                    б) усилитель с ООС                                    в) автогенератор                                    г) аттенуатор</p>		26
<p><b>27. При последовательно-параллельном соединении двух четырёхполюсников на некоторой частоте значения их АЧХ и ФЧХ <math>A_1(f_1) = 4</math>, <math>\varphi_1(f_1) = 0</math>, <math>A_2(f_1) = 0,125</math>, <math>\varphi_2(f_1) = \pi</math>. Отношение амплитуд и разность фаз в такой цепи:</b>  а) 2; 180                                    б) 2,67; 0                                    в) 32; 0°                                    г) 0,67; 180°</p>		27
<p><b>28. Автогенератор гармонических колебаний содержит высокодобротный колебательный контур, выполненный на конденсаторе из партии с ёмкостью <math>1000 \pm 50</math> нФ и катушки из партии с индуктивностью <math>1000 \pm 100</math> мкГн, что обеспечивает относительную нестабильность частоты</b>  а) 7,5%                                    б) 15%                                    в) 10%                                    г) 5%</p>		28
<p><b>29. Абсолютная нестабильность частоты генератора с относительной нестабильностью <math>10^{-6}</math> и номинальной частотой 1 ГГц</b>  а) 2 МГц                                    б) 0,1 МГц                                    в) 2 кГц                                    г) 1 кГц</p>		29
<p><b>30. Сигнал со спектром от 0 до 4 кГц подвергают преобразованию частоты вверх с использованием гетеродина 100 МГц. Настройки схемы – резонансная частота и полоса пропускания – при этом</b>  а) 100 МГц; 2 кГц                                    б) 100,002 МГц; 3 кГц                                    в) 99,998 МГц; 1 кГц                                    г) 100 МГц; 1,5 кГц</p>		30
<p><b>31. Для умножения частоты в три раза требуется нелинейный элемент с аппроксимацией ВАХ</b>  а) квадратичной                                    б) билинейной  в) кубической                                    г) кусочно-линейной без отсечки</p>		31
<p><b>32. Значение взаимно-корреляционной функции сигналов <math>s_1(t)</math> и <math>s_2(t)</math> с нулевым</b></p>		32

аргументом равно -1. Это означает				
а) $s_2(t) \equiv s_1(t)$	б) $s_2(t) = -s_1(t)$	в) $s_2(t) \sim s_1(t)$	г) $s_2(t) \sim 1/s_1(t)$	
33. Автокорреляционная функция напряжения имеет вид $K(\tau) = 2 \cos(10^3 \tau)$ . Средняя мощность такого сигнала на резисторе 1 Ом равна				33
а) 2 Вт	б) 1 Вт	в) $\sqrt{2}$ Вт	г) $2/\sqrt{2}$ Вт	
34. Сигнал NRZ A(1 -1 1 -1 1 -1) является линейной независимым от сигнала				34
а) (1 1 1 -1 1 -1)	б) (-1 1 -1 1 -1 1)	в) (1 1 1 -1 -1 -1)	г) (1 -1 1 1 -1 1)	
35. NRZ-сигналы представляют собой последовательность (без пауз) прямоугольных импульсов высоты 2 В и длительности 1 мкс. Скалярное произведение и расстояние по Хэммингу между сигналами A(1 1 -1 1 -1) и B(-1 1 -1 -1 1) равны				35
а) -4 В <sup>2</sup> ; 3	б) 25 В <sup>2</sup> ; 2	в) 10 В <sup>2</sup> ; 5	г) -20 В <sup>2</sup> ; 1	
36. Погрешность измерения напряжения равномерно распределена в диапазоне от -0,5 мкВ до 0,5 мкВ. Вероятность того, что показания прибора будут завышены вплоть до 0,5 мкВ, равна				36
а) 0,125	б) 0,25	в) 0,5	г) 0,75	
37. Единицы ИКМ-сигнала в приёмнике отображаются прямоугольными импульсами с амплитудой 1 мкВ. Каким должен быть порог в решающем устройстве, чтобы вероятности принять в присутствии АБГШ 1 за 0 и 0 за 1 были равны?				37
а) 2 мкВ	б) 1 мкВ	в) 0,75 мкВ	г) 0,5 мкВ	
38. Погрешность измерения напряжения вольтметром с ценой деления $C=1$ мкВ равномерно распределена в диапазоне от $-C/2$ до $C/2$ . Вероятность того, что погрешность по модулю не превзойдёт $1/4$ цены деления, равна				38
а) 0,125	б) 0,25	в) 0,5	г) 0,75	
39. Широкополосный шум с эквивалентной шумовой полосой частот 10 кГц и спектральной плотностью мощности 2 мкВт/Гц имеет среднюю мощность				39
а) 0,2 мВт	б) 0,2 нВт	в) 0,1 мВт	г) 0,1 нВт	
40. Широкополосный шум имеет эквивалентную шумовую полосу частот 10 кГц и спектральную плотность мощности 2 мкВт/Гц. Минимальный интервал между отсчётами, при котором они оказываются независимыми				40
а) 0,1 мс	б) 0,2 мс	в) 0,4 мс	г) 0,5 мс	
41. Режим связи, при котором по одной линии корреспонденты говорят по-очереди				41
а) симплексный	б) полудуплексный			
в) дуплексный	г) с временным разделением каналов			
42. Проводная экранированная линия для передачи цифровых сигналов описывается моделью канала				42
а) двоичного симметричного	б) двоичного несимметричного			
в) со стиранием	г) 16-ричный симметричный			
43. Для цифровой мобильной связи в условиях города используют модель канала				43
а) двоичного симметричного	б) двоичного несимметричного			
в) со стиранием	г) 16-ричный симметричный			
44. Одна из причин уменьшения энтропии источника				44
а) связь между символами	б) наличие пауз			
в) действие помех	г) высокая скорость передачи			
45. Двоичные источники А, В, С имеют разные вероятности «единицы»: $p_A = 0,9$ , $p_B = 0,5$ , $p_C = 0,1$ . Их энтропии соотносятся				45
а) $H(A) > H(B) > H(C)$	б) $H(A) = H(C) < H(B)$			
в) $H(B) > H(A) > H(C)$	г) $H(B) < H(A) = H(C)$			
46. Энтропия дискретного источника 5 бит/символ. Техническая скорость символов 60000 Бод. Производительность источника равна				46
а) 15 кбит/с	б) 83 бит/с	в) 300 кбит/с	г) 293 кбит/с	
47. В подъездной сети Интернет с пропускной способностью 450 Мбит/с 15 рукавов по числу квартир. Скорость передачи при условии равноправных одновременно				47

<p>потребляющих квартир можно гарантировать не выше</p> <p>а) 75 Мбит/с                      б) 15 Мбит/с                      в) 50 Мбит/с                      г) 30 Мбит/с</p>	
<p><b>48. В канале с полосой пропускания 10 МГц отношение сигнал-шум 15. Пропускная способность такого канала примерно</b></p> <p>а) 20 Мбит/с                      б) 40 Мбит/с                      в) 80 Мбит/с                      г) 160 Мбит/с</p>	48
<p><b>49. В системе с ВРК, использующей импульсы длительностью 1 нс и интервал дискретизации 1 мкс, состояние канала, при котором длительность переходных процессов составляет 0,5 нс, позволяет организовать число каналов</b></p> <p>а) 666                                      б) 667                                      в) 1000                                      г) 1001</p>	49
<p><b>50. Групповая полоса частот сигнала в системе ЧРК из 16 каналов с защитным интервалом 1 кГц и абонентскими полосами 4 кГц составляет</b></p> <p>а) 49 кГц                                      б) 64 кГц                                      в) 79 кГц                                      г) 80 кГц</p>	50



### 3. Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- прохождение онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) (является допуском к прохождению процедуры промежуточной аттестации),
- выполнение всех домашних заданий (являются формой текущей аттестации),
- выполнение и защита всех лабораторных работ (являются формой текущей аттестации).

Оценка за экзамен складывается из оценки за домашние задания, оценки за ответы на вопросы на экзамене. См. ниже таблицу требований.

На «3»	На «4», продвинутый уровень	На «5», высокий уровень
<p>1. Сертификат о прохождении онлайн курса Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 40%.</p> <p>2. Ответ на вопрос экзамена не хуже 2-х из 5 баллов. ИЛИ Верные ответы не менее чем на 50% из заданий теста</p> <p>3. Домашние задания выполнены на 40-59% в сумме.</p> <p>4. Лабораторные работы выполнены (не менее 2-х из работ №1-3, не менее одной из работ №4-5, не менее одной из работ №6-7)</p> <p>5. Задания контрольной работы выполнены на 40-59% в сумме верно</p>	<p>1. Сертификат о прохождении онлайн курса Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 60%.</p> <p>2. Ответ на вопрос экзамена 3-4 из 5 баллов. ИЛИ Верные ответы не менее чем на 70% из заданий теста</p> <p>3. Домашние задания выполнены на 60-79% в сумме.</p> <p>4. Лабораторные работы выполнены (не менее 2-х из работ №1-3, не менее одной из работ №4-5, не менее одной из работ №6-7) и защищены</p> <p>5. Задания контрольной работы выполнены на 60-79% в сумме верно</p>	<p>1. Сертификат о прохождении онлайн курса Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 80%.</p> <p>2. Ответ на вопрос экзамена 4-5 из 5 баллов. ИЛИ Верные ответы не менее чем на 85% из заданий теста</p> <p>3. Домашние задания выполнены на 80% в сумме.</p> <p>4. Все лабораторные работы выполнены и защищены</p> <p>5. Задания контрольной работы выполнены на 80% в сумме верно</p>