

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота  
ФГБОУ ВО «КГТУ»  
БГАРФ

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана радиотехнического факультета

 / В.А. Баженов /

27 июня 2018 г.

**Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**  
(приложение к рабочей программе дисциплины)

Системы связи и телекоммуникаций  
(наименование дисциплины)

базовой части образовательной программы

по специальности

25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»  
(код и наименование специальности)

специализаций:

«Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота»  
(код и наименование специализации)

«Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита»  
(код и наименование специализации)

Факультет радиотехнический (РТФ)  
(наименование)

Кафедра судовых радиотехнических систем (СРТС)  
(наименование)

Калининград 2018

## 1 Результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** физические свойства сообщений, сигналов помех и каналов связи; количественные характеристики источников информации; методы преобразования сигналов; кодирование источников сообщений и каналов связи; принципы построения сетей связи; методы уплотнения и множественного доступа.

**Уметь:** применять на практике математические модели сообщений, сигналов, помех и каналов связи; производить расчет и анализ основных характеристик систем связи и телекоммуникации; применять на практике методы повышения помехоустойчивости передачи сообщений.

**Владеть:** методами формирования структуры системы связи с заданными характеристиками; навыками работы с программно-аппаратными средствами, реализующими современные методы решения задач проектирования систем связи.

### 1.1 Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1.1 - Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины

Компетенции выпускника ОП ВО и этапы их формирования в результате изучения дисциплины	Знания, умения и навыки, характеризующие этапы формирования компетенций
1	2
<p><b>ОПК-5:</b> Способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, работать с компьютером как средством управления информацией Этапы формирования компетенции:</p> <p><b>ОПК-5.1:</b> Способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• возможности компьютера, как средства получения информации;</li><li>• -основные определения понятий в смежных предметных областях.</li></ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• использовать INTERNET для извлечения информации;</li><li>• -создавать и редактировать технические тексты, содержащие математические формулы и графику.</li><li>• применять полученные навыки и умения для решения профессиональных задач.</li></ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• навыками обслуживания компьютера;</li><li>• навыками работы в локальной сети;</li><li>• навыками работы с традиционными носителями информации.</li></ul>
<p><b>ПК-4:</b> Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования, формировать рекомендации по выбору и замене его элементов и систем</p>	

<p>Этапы формирования компетенции:  <b>ПК-4.2:</b> Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные технические решения создания систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов;</li> <li>• новейшее оборудование и программное обеспечение к нему;</li> <li>• нормативно-правовые и нормативно-технические документы, регламентирующие внедрение и эксплуатацию систем связи (телекоммуникационных систем);</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять методы анализа качественных показателей работы сетей радиодоступа основе данных статистики;</li> <li>• применять методы анализа качественных показателей работы сетей радиодоступа и на основе радиоизмерений</li> <li>• применять современные методы исследований с целью создания перспективных сетей связи</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками инструментальных измерений, используемых в области связи;</li> <li>• навыками систематизации данных с целью организации работ по улучшению качества работы оборудования;</li> <li>• навыками плановой замены компонентов оборудования</li> </ul>
<p><b>ПК-17:</b> Способность развивать творческую инициативу, рационализаторскую и изобретательскую деятельность, внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники, внедрять эффективные инженерные решения в практику, в том числе составлять математические модели объектов профессиональной деятельности  <b>ПК-17.2:</b> Способность внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники, в практику.</p>	<p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• этапы научного и технического развития мировой науки в области систем связи и телекоммуникаций и особенностях отечественной науки в предметной области исследования;</li> <li>• методы поиска изобретательских идей в процессе научно- технического творчества и выявления рационализаторских технических решений;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• патентное законодательство и состав документации при подаче заявки на выдачу патента на изобретение, полезную модель, промышленный образец.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать и сопоставлять представленные точки зрения и позиции специалистов по проблемным темам;</li> <li>• творчески подходить к решению сложных технических вопросов;</li> <li>• проводить различные виды патентного поиска по фондам областной патентной библиотеки и по электронным ресурсам Федерального института промышленной собственности</li> </ul> <p><b>Должен владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения; поиска и использования новейшей научно-технической информации с помощью Интернет-ресурсов;</li> <li>• навыками по повышению эффективности поиска и решения новых инженерных задач;</li> <li>• методикой выявления новых технических решений и документального оформления прав промышленной собственности.</li> </ul>
--	--

## 1.2 Этапы формирования компетенций в результате освоения дисциплины

Таблица 1.2 – Этапы формирования компетенции в результате изучения дисциплины в седьмом семестре

Этап формирования	Код формируемой компетенции		
	<b><u>ОПК-5.1:</u></b> Способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации	<b><u>ПК-4.2:</u></b> Готовность участвовать в модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования	<b><u>ПК-17.2:</u></b> Способность внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники, в практику
Раздел 1. Первичные сигналы электросвязи и каналы передачи	+	+	

<b>Раздел 2.</b> Принципы построения многоканальных систем передачи		+	+
<b>Раздел 3.</b> Основы построения систем передачи с частотным разделением каналов	+	+	+
<b>Раздел 4.</b> Построение систем передачи с временным разделением каналов		+	+
<b>Раздел 5.</b> Построение цифровых систем передачи информации	+		+
<b>Раздел 6.</b> Классификация систем связи и телекоммуникаций		+	+
<b>Раздел 7.</b> Общие принципы построения и работы систем радиосвязи	+	+	+
<b>Раздел 8.</b> Радиорелейные линии связи	+	+	+
<b>Раздел 9.</b> Спутниковые системы радиосвязи	+	+	+
<b>Раздел 10.</b> Ионосферные системы радиосвязи	+	+	+
<b>Раздел 11.</b> Оптические системы связи	+	+	+
<b>Раздел 12.</b> Общие принципы построения телекоммуникационных сетей	+	+	+

## **2 Перечень оценочных средств поэтапного формирования результатов освоения дисциплины**

### **2.1 Перечень тем лабораторных работ**

Степень освоения обучающимися компетенций подвергается оценке в ходе проведения лабораторных занятий при защите лабораторных работ, выполняемых в учебных семестрах, из следующего перечня:

Седьмой семестр:

1. Лабораторная работа №1 «Моделирование процессов функционирования многоканальной системы передачи информации с частотным разделением КТЧ и исследование защищенности канала от переходных вынужденных помех» (ОПК-5.1, ПК-4.2, ПК-17.2).
2. Лабораторная работа №2 «Модельные исследования процессов формирования ОБП фильтровым и фазоразностным способами» (ОПК-5.1, ПК-4.2, ПК-17.2).
3. Лабораторная работа №3 «Исследование корреляционных свойств псевдослучайных последовательностей на основе кодов Баркера, М-последовательностей и кодов Уолша» (ОПК-5.1, ПК-4.2, ПК-17.2).

Восьмой семестр:

1. Лабораторная работа №1 «Изучение ПВ/КВ радиостанции «Ангара – РБ» (ПК-4.2; ПК-17.2).
2. Лабораторная работа №2 «Изучение ПВ/КВ радиостанции TR-1500 фирмы JMC (Япония)» (ОПК-5.1; ПК-4.2; ПК-17.2).
3. Лабораторная работа №3 «Изучение ПВ/КВ радиостанции FC – M802 фирмы ICOM (Япония)» (ОПК-5.1; ПК-4.2; ПК-17.2).
4. Лабораторная работа №4 «Изучение радиорелейной станции типа PASOLINK» (ОПК-5.1; ПК-4.2; ПК-17.2).
5. Лабораторная работа №5 «Изучение судовой земной станции спутниковой системы связи ИНМАРСАТ типа FELKOM 11 фирмы FURUNO (Япония)» (ОПК-5.1; ПК-4.2; ПК-17.2).
6. Лабораторная работа №6 «Изучение УКВ-радиоустановки ГМССБ типа FM-8500 фирмы FURUNO (Япония)» (ОПК-5.1; ПК-4.2; ПК-17.2).
7. Лабораторная работа №7 «Изучение радиостанции FS-1562 ПВ/КВ-радиоустановки ГМССБ фирмы FURUNO (Япония)» (ОПК-5.1; ПК-4.2; ПК-17.2).

## **2.2 Перечень тем практических занятий**

Степень освоения обучающимися компетенций ПК-4.2, ПК-17.2 подвергается оценке в ходе проведения практических занятий в седьмом семестре из следующего перечня:

1. Практическое занятие №1 «Передача сообщений по каналу связи».
2. Практическое занятие №2 «Виды модуляции в системах связи».
3. Практическое занятие №3 «Случайные процессы в каналах связи».
4. Практическое занятие №4 «Каналы связи».
5. Практическое занятие №5 «Развязывающие устройства».
6. Практическое занятие №6 «Многоканальные системы передачи ОБП с ЧРК».
7. Практическое занятие №7 «Прием дискретных сообщений»
8. Практическое занятие №8 «Основы теории передачи информации»
9. Практическое занятие №9 «Основы теории помехоустойчивого кодирования»

## **2.3 Перечень контрольных работ**

Степень поэтапного освоения обучающимися компетенций ПК-4.2, ПК-17.2 подвергается оценке в ходе защиты двух контрольных работ, задания на выполнение которых приведены в «Системы связи и телекоммуникаций: методические указания» авторов Е. В. Волхонская, Е. В. Коротей, Г. А. Грошев, Н. Ф. Юшкевич – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. – 89 с., 32 табл., 15 библи.

## **2.4 Перечень тем самостоятельных работ (ОПК-5.1, ПК-4.2, ПК-17.2)**

## **2.5 Курсовая работа (ПК-4.2, ПК-17.2)**

## **2.6 Вопросы к зачету (экзамену) (ПК-4.2, ПК-17.2).**



### 3 Оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения дисциплины

#### 3.1 Типовые задания по темам практических занятий

##### Практическое занятие №1. «Передача сообщений по каналу связи».

###### Задача №1

Датчик температуры через дискретные интервалы времени  $\Delta t=1$  мин выдает значения температуры в пределах  $16^\circ \dots 36^\circ$ . Сколькими уровнями  $K$  можно отобразить (квантовать) шкалу температур, чтобы погрешность квантования  $\Delta$  не превысила по модулю  $0,5^\circ$ ? Сколько различных сообщений может выдать такой дискретный во времени и квантованный по уровням источник, если длительность каждого сообщения  $T=4$  мин?

###### Задача №2

Три компоненты сигнала точки плоского цветного изображения  $R(x, y)$ ,  $G(x, y)$ ,  $B(x, y)$  меняются независимо. Формат кадра изображения  $k=4/3$ , число строк раstra  $z=625$ . Чему равно число различных кадров изображения, если сигнал яркости  $B(x, y)$  передавать с 16 градациями, а сигналы цветности  $R(x, y)$  и  $G(x, y)$  с 8 градациями?

###### Задача №3

На рисунке показана реализация двоичного первичного сигнала  $b(t)$  в системе передачи данных, отображающая 7 кодовых посылок длительностью  $T=10$  мс. Каким числом реализаций определяется такой сигнал на интервале  $7T$ ? Покажите, что огибающая амплитудного спектра этого сигнала  $S_b(f) \sim AT \cdot |\sin(\pi f T)/(\pi f T)|$ . Какую полосу частот  $F_c$  занимает сигнал  $b(t)$ , если ширина спектра определяется тремя первыми лепестками функции  $|\sin(\pi f T)/(\pi f T)|$ ?

###### Задача №4

Канал связи с полосой  $F_K=10$  кГц предполагается использовать в течение 10 с. В канале действует шум с равномерной спектральной плотностью мощности  $N_0=10^{-4}$  мВт/Гц. Какова предельная мощность сигнала, который может быть передан по данному каналу, если объем канала  $V_K=10^6$ ?

###### Задача №5

Амплитудно-модулированный сигнал  $u_{AM}(t)=U_m(1+m \cdot \sin(\Omega t)) \cdot \cos(\omega_0 t)$  предполагается передать по каналу с объемом  $V_K=10^5$ . Найти допустимый коэффициент глубины модуляции  $m$ , если полоса частот сигнала  $F_C=100$  Гц, а его длительность  $T_c=10$  с.

###### Задача №6

Амплитуда сигнала распределена по закону Релея:  $w(A)=(2A/\sigma^2) \cdot \exp(-A^2/\sigma^2)$ ,  $A \geq 0$ , где  $A$  — мгновенное значение амплитуды сигнала;  $\sigma^2$  — средний квадрат амплитуды. Полоса частот сигнала  $F_C=4$  кГц, а его длительность  $T_C=10$  с. Найти объем сигнала, если за максимальный и минимальный уровни мощности сигнала приняты такие значения, которые соответственно превышаются и не превышаются с вероятностью  $p=10^{-3}$ .



## Практическое занятие №2 «Виды модуляции в системах связи»

### Задача №1

Напишите выражение для сигнала в системе ОМ - ФМ (в нижней ступени модуляции используется нижняя или верхняя боковая полоса). Индексы 1 и 2 припишите параметрам соответственно первой и второй системы модуляции. Определите ширину полосы сигнала, если первая поднесущая  $f_{01} = 100 \text{ кГц}$ , верхняя частота сообщения  $F_{max} = 4 \text{ кГц}$ , а индекс модуляции во второй системе  $m_2 = 15$ .

### Задача №2

Напишите выражение для сигнала в системе ФМ - АМ. Определите ширину полосы частот сигнала, если  $f_{01} = 100 \text{ кГц}$ ,  $F_{max} = 1 \text{ кГц}$ , а индекс ФМ  $m_1 = 9$ .

### Задача №3

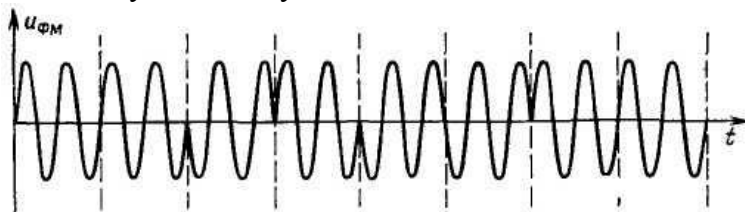
Напишите выражение для сигнала в системе ЧМ - ОМ (в верхней ступени используется нижняя боковая полоса). Определите ширину полосы частот сигнала, если  $F_{max} = 4 \text{ кГц}$ , индекс ЧМ равен  $m_1 = 15$ .

### Задача №4

Напишите выражение для сигнала в системе ЧМ - ЧМ. Определите ширину полосы частот сигнала, если индексы модуляции  $m_1 = 5$ ,  $m_2 = 9$ ,  $f_{01} = 140 \text{ кГц}$ ,  $F_{max} = 8 \text{ кГц}$ .

### Задача №5

На рисунке дана реализация сигнала при двоичной ФМ, содержащей 8 кодовых элементов. Напишите двоичный код, соответствующий этой реализации. Считайте, что первый элемент соответствует символу 1.



### Задача №6

Нарисуйте реализацию сигнала при двоичной АМ с пассивной паузой (символ 0 передается отсутствием излучения), соответствующую коду 10111001.

### Задача №7

Приняв, что на рисунке задачи 5 дана реализация сигнала при двоичной ОФМ, восстановите код, соответствующий этому сигналу, если: а) символ 1 передается сменой фазы предыдущего элемента сигнала, а символ 0 - сигналом с той же фазой; б) символ 0 передается сменой фазы предыдущего элемента сигнала, а символ 1 - сигналом с той же фазой.

### Задача №8

Напишите выражение для сигнала АИМ-БМ. Какая полоса частот требуется для его передачи, если ширину спектра сигнала АИМ выбрать равной ширине трех первых

лепестков огибающей амплитудного спектра сообщения при длительности одной посылки  $\tau = 1 \text{ мкс}$ .

### Задача №9

Напишите выражение для сигнала ФИМ - БМ. Имеется ли различие в ширине спектра сигналов АИМ - БМ и ФИМ - БМ?

### Задача №10

Найдите коэффициенты частотной избыточности для систем ОМ, БМ, ФМ, ЧМ (при заданном индексе модуляции  $F_{max}$ ), АИМ и ФМ (при заданной длительности импульсов несущей  $\tau$ ), ОМ - ЧМ и ЧМ - ЧМ.

## Практическое занятие №3 «Случайные процессы в каналах связи».

### Задача №1

Дискретный двоичный источник выдает последовательность из трех символов  $x, y, z$ . Возможные реализации источника имеют вероятности:

$$\begin{aligned} P(0,0,0) &= 0,1 & P(0,0,1) &= 0,15 & P(0,1,0) &= 0,2 & P(0,1,1) &= 0,05 \\ P(1,0,0) &= 0,05 & P(1,0,1) &= 0,2 & P(1,1,0) &= 0,15 & P(1,1,1) &= 0,1 \end{aligned}$$

Найти: а) вероятности появления двухсимвольных комбинаций вида  $0,1,z$  и  $x,0,1$ ; б) безусловные вероятности  $P(x=1)$ ,  $P(y=1)$  и  $P(z=1)$ ; в) условные вероятности переходов  $P(x=1|y=1)$ ,  $P(y=1|x=1)$ ,  $P(z=1|x=0, y=1)$ ,  $P(x=0, y=1|z=1)$ ,  $P(x=1|y=0, z=1)$  и  $P(y=0, z=1|x=1)$ .

### Задача №2

Найти одномерные плотности вероятности огибающей и начальной фазы гауссового случайного процесса, если квадратурные компоненты симметричны, т.е.  $m_{A_c} = m_{B_s} = 0$  и  $\sigma_{A_c}^2 = \sigma_{B_s}^2 = \sigma^2$ .

### Задача №3

Стационарный случайный сигнал имеет корреляционную функцию: а)  $B(\tau) = B(0) \cdot \exp(-\beta|\tau|)$ ; б)  $B(\tau) = B(0) \cdot \exp(-\beta^2\tau^2)$ , где  $\beta = 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ . Найти интервал корреляции  $\tau_k$  методом эквивалентного прямоугольника, а также определив его как аргумент  $\tau$ , при котором  $B(\tau) = 0,1 \cdot B(0)$ .

### Задача №4

Найти усредненную по времени АКФ АМ радиосигнала вида:

$$a_{AM}(t) = U_m \{1 + k_{AM}s(t)\} \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

если  $s(t)$  - стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и корреляционной функцией  $B_S(\tau)$ .

### Задача №5

Найти усредненную по времени АКФ ФМ радиосигнала вида:

$$a_{AM}(t) = U_m \cos(\omega_0 t + k_{FM} s(t) + \varphi_0),$$

если  $s(t)$  - стационарный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием и корреляционной функцией  $B_S(\tau) = B_S(0) \cdot R_S(\tau)$ .

### Задача №6

Найти АКФ шума, имеющего равномерную спектральную плотность средней мощности  $N_0/2$  в полосе частот  $(-F, F)$  и равную нулю за пределами данного интервала. Показать, что сечения процесса, разнесенные на величину  $\tau$ , кратную  $1/(2F)$ , некоррелированы. Найти ширину энергетического спектра  $\Delta f$  и интервал корреляции  $\tau_k$ .

### Задача №7

Найти энергетический спектр стационарного шума с АКФ вида: а)  $B(\tau) = B(0) \cdot \exp(-\beta|\tau|)$ ; б)  $B(\tau) = B(0) \cdot \exp(-\beta^2\tau^2)$ . Найти ширину энергетического спектра  $\Delta f$  и оценить величину  $\Delta f \tau_k$ .

### Задача №8

Определить относительную погрешность  $\delta$  при представлении сигнала  $s(t) = A \cdot \exp(-\beta^2 t^2)$  рядом Котельникова, полагая, что полоса сигнала ограничивается в результате пропускания через идеальный ФНЧ с частотой среза  $F$ . Найти интервал дискретизации  $\Delta t$ , полагая, что  $\beta = 20 \text{ с}^{-1}$ ,  $\delta = 10\%$ .

### Задача №9

Случайный процесс с АКФ  $B(\tau) = B(0) \cdot \exp(-\beta|\tau|)$  дискретизован с шагом  $\Delta t$ . Найти погрешность  $\delta$  представления такого процесса рядом Котельникова.

### Задача №10

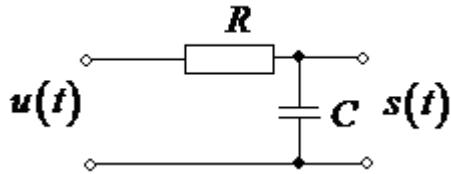
Нормированная корреляционная функция стационарного случайного процесса, подлежащего дискретизации,  $R_x(\tau) = \exp(-\beta|\tau|)$ . Найти шаг воспроизведения  $\Delta_T$ , при котором относительная погрешность воспроизведения  $\delta_v$  равна 1%, если  $\beta = 0,1 \text{ с}^{-1}$ .

Сравнить полученную величину  $\Delta_T$  с интервалом дискретизации по Котельникову  $\Delta t$ , обеспечивающим такую же погрешность  $\delta_y$ .

## Практическое занятие №4 «Каналы связи».

### Задача №1

Пусть некоторый линейный канал с постоянными параметрами моделируется электрической схемой, приведенной на рисунке:



Определить интервал временного рассеяния  $\tau_p$  (память) такого канала по методу эквивалентного прямоугольника, если  $R = 100$  Ом и  $C = 100$  мкФ.

### Задача №2

Пусть некоторый линейный канал описывается импульсной характеристикой вида:

$$g(t, \tau) = e^{-\alpha\tau} \cdot e^{-\beta t}, \alpha > 0, \beta > 0, t \geq 0, \tau \geq 0.$$

Найти коэффициент рассеяния такого канала.

### Задача №3

Узкополосный сигнал со средней мощностью  $P_c = 100$  мкВт принимается на фоне гауссовского стационарного шума, который имеет равномерный энергетический спектр  $N_0 = 10^{-8}$  Вт/Гц в полосе частот  $(f_0 - \Delta f, f_0 + \Delta f)$ . Найти вероятность появления флуктуационной помехи  $P_{ф.п.}$ , средняя мощность которой превышает пороговый уровень  $P_{пор} = 4P_c$  при  $\Delta f = 5$  кГц.

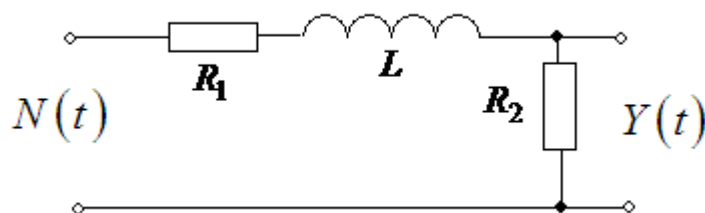
### Задача №4

Пусть равновероятные символы А и Б двоичного источника для повышения качества передаются с помощью  $N = 2k + 1$  независимых частотных каналов (частотно-разнесенная система связи - ЧРСС), причем при передаче символа А в каждом канале передается 1, а при передаче символа Б - 0. Вероятность попадания сосредоточенной помехи в одну ветвь разнесения  $p_{с.п.} = 0,1$ .

В месте приема символы А и Б регистрируются на основе мажоритарного декодирования: если в большинстве частотных каналов зарегистрированы 1, принимается решение в пользу символа А, если же 0 - принимается решение в пользу Б. Найти вероятность правильного декодирования, если  $N = 5$ .

### Задача №5

Стационарный белый шум со спектральной плотностью мощности  $N_0 = 10^{-6}$  Вт/Гц поступает на вход цепи, изображенной на рисунке:



Найти энергетический спектр и корреляционную функцию выходного процесса, если  $L = 10 \text{ мГн}$ ,  $R_1 = 7 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ .

### Задача №6

На вход синхронного детектора (перемножитель, выходной сигнал которого подвергается низкочастотной фильтрации) поступает случайный процесс:

$$Z(t) = k_{\text{ам}} s(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0) + X_{\text{п}}(t) \cos(\omega_0 t) - Y_{\text{п}}(t) \sin(\omega_0 t),$$

который представляет собой аддитивную смесь БМ-сигнала и флуктуационного шума. Здесь  $X_{\text{п}}(t)$  и  $Y_{\text{п}}(t)$  - независимые, квадратурные компоненты гауссовокого шума, у которых

$$m_X = m_Y = 0, B_X(\tau) = B_Y(\tau) = B(\tau) = N_0 F_c \cdot \frac{\sin(2\pi F_c \tau)}{2\pi F_c \tau}.$$

Опорный сигнал  $u_{\Gamma}(t) = U_{\Gamma} \cos(\omega_0 t + \varphi_{\Gamma})$ . Фильтр нижних частот в полосе  $(0, F_c)$  будем считать идеальным с единичным коэффициентом передачи. Определить:

1. математическое ожидание  $m(t)$  и дисперсию  $\sigma^2(t)$  выходного сигнала;
2. корреляционную функцию и энергетический спектр для флуктуирующей части  $Y(t)$ ;
3. отношение сигнал-шум на входе  $\rho_{\text{вх}}$  и выходе  $\rho_{\text{вых}}$  детектора;
4. выигрыш в отношении сигнал-шум  $\rho_{\text{вых}} / \rho_{\text{вх}}$ .

### Практическое занятие №5 «Развязывающие устройства».

#### Задача №1

На рисунке 1 приведена схема резисторной дифференциальной системы (РДС).

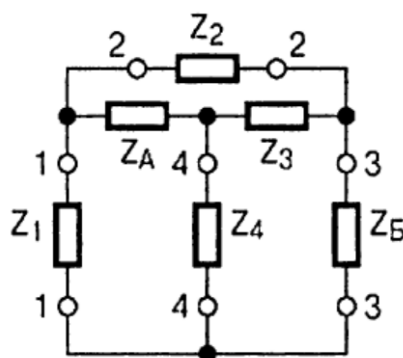


Рисунок 1

Доказать, что направления передачи от полюсов 4-4(2-2) к полюсам 2-2 (4-4) развязаны (не влияют друг на друга).

#### Задача №2

Определить входное сопротивление со стороны различных полюсов сбалансированной РДС, необходимых для согласованного подключения нагрузок.

### Задача №3

Определить затухание сбалансированной РДС в различных направлениях передачи.

### Задача №4

На рисунке 2 приведена схема трансформаторной дифференциальной системы (ТДС).

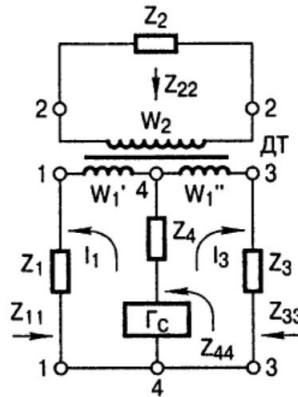


Рисунок 2

Доказать, что затухание (ослабление) от полюсов 2-2 (4-4) к 4-4 (2-2) будет равно бесконечности.

### Задача №5

Определить входные сопротивления сбалансированной ТДС со стороны различных полюсов.

### Задача №6

Определить затухание уравновешанной ТДС в различных направлениях передачи.

## Практическое занятие №6 «Многоканальные системы передачи ОБП с ЧРК».

### Задача №1

Изобразить схему одного канала в многоканальной системе передачи с АМ одной боковой полосы (ОБП), реализующую фильтр методом формирования ОБП сигнала канала тональной частоты (КТЧ), привести схему частотных преобразований, определить относительную полосу расфильтровки и крутизну характеристики затухания фильтра, если несущая частота составляет  $f_0 = 12$  кГц, ширина спектра сигнала КТЧ  $\Delta F_c = 3100$  Гц. Оценить добротность канального полосового фильтра (КПФ) и ответить на вопрос о возможности его реализации на LC-элементах.

### Задача №2

Исходя из условий задачи №1, определить возможна ли реализация КПФ на LC-элементах, если частота несущего колебания составит  $f_0 = 108$  кГц, ответ обосновать.

### Задача №3

Доказать, что для организации 60 канальной системы с ЧРК для передачи сигналов ОБП с шириной спектра каждого  $\Delta F_c = 3100$  Гц, линейный спектр которой занимает полосу частот от 12 до 256 кГц, потребуется применение разнотипных КПФ.

#### Задача №4

Сформировать линейный спектр в диапазоне частот 12..256 кГц системы передачи на 60 КТЧ используя трехступенчатое преобразование частоты. На первой ступени преобразования предусмотреть формирование 12 трехканальных предгрупп, каждая из которых занимает полосу частот от 12 до 24 кГц. На второй ступени преобразования предусмотреть формирование 5 четырехканальных первичных групп, каждая из которых занимает полосу частот 48 кГц, частоты несущих в первичной группе соответственно равны  $f_{21} = 120 \text{ кГц}$ ;  $f_{22} = 108 \text{ кГц}$ ;  $f_{23} = 96 \text{ кГц}$ ;  $f_{24} = 84 \text{ кГц}$ . На третьей ступени преобразование предусмотреть формирование линейного спектра сигнала путем переноса 5 первичных групп в области несущих колебаний  $f_{31} = 120 \text{ кГц}$ ;  $f_{32} = 108 \text{ кГц}$ ;  $f_{33} = 216 \text{ кГц}$ ;  $f_{34} = 264 \text{ кГц}$ ;  $f_{35} = 312 \text{ кГц}$ . Изобразить схему частотных преобразований.

#### Практическое занятие №7 «Основы теории передачи информации».

##### Задача №1

Источник сообщений выдает символы из ансамбля  $A = \{a_i\}$ ,  $i = 1 \div 4$  с вероятностями  $P(a_1) = 0,2$ ,  $P(a_2) = 0,3$ ,  $P(a_3) = 0,4$  и  $P(a_4) = 0,1$ . Найти количество информации  $I(a_i)$ , содержащееся в каждом из символов источника при их независимом выборе (источник без памяти). Вычислить энтропию  $H(A)$  и избыточность  $\kappa(A)$  заданного источника.

##### Задача №2

Память двоичного стационарного источника с символами 0 и 1 простирается лишь на два соседних символа и, следовательно, дискретная последовательность символов, выдаваемых источником, описывается простой цепью Маркова с матрицей переходных вероятностей:

$$\begin{pmatrix} P(1/1') & P(1/0') \\ P(0/1') & P(0/0') \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,98 & 0,7 \\ 0,02 & 0,3 \end{pmatrix},$$

где штрихом обозначен предшествующий символ. Найти энтропию  $H(A)$  источника и его избыточность  $\kappa(A)$ .

##### Задача №3

Найти максимальное количество информации  $I_{max}$ , которое содержится в квантованном телевизионном сигнале, соответствующем одному телевизионному кадру при  $z = 625$  строках разложения, при условии, что сигнал, соответствующий одной строке изображения, представляет собой последовательность  $N = 833$  статистически независимых случайных по амплитуде импульсов, каждый из которых с равной вероятностью принимает одно из  $K = 16$  значений. Найти избыточность  $\kappa(A)$  телевизионного сигнала, если фактически кадр изображения с 16 градациями уровней содержит  $I(A) = 9,37 \cdot 10^5$  бит информации.



#### Задача №4

Найти ненадежность  $H(B/B')$ , энтропию шума  $H(B'/B)$ , а также энтропию источника  $H(B)$  и выходных символов канала  $H(B')$  для двоичного симметричного канала со стиранием с вероятностями переходов  $P(0'/0) = P(1'/1) = 1 - p_o - p_c$ ,  $P(0'/1) = P(1'/0) = p_o$  и  $P(?/1) = P(?/0) = p_c$  и априорными вероятностями  $P(0) = P(1) = 0,5$ , если  $p_o = 0,1$  и  $p_c = 0,05$ .

#### Задача №5

Найти пропускную способность  $C$   $m$ -ичного симметричного канала без памяти и стирания с вероятностями переходов:

$$P(b'_j/b_i) = \begin{cases} 1 - p, & i = j \\ \frac{p}{m-1}, & i \neq j \end{cases}$$

и средней скоростью  $v_k$  поступления символов на вход канала в единицу времени, если  $m = 4$ ,  $p = 0,1$  и  $v_k = 700$ .

#### Задача №6

Какой запас пропускной способности  $C - H'(A)$  должен иметь канал, чтобы при использовании оптимального кода с длительностью кодовой комбинации  $T = 100$  мс вероятность ошибки не превысила величину  $10^{-6}$ ?

Во сколько раз изменится длительность кодовой комбинации оптимального кода, если при неизменной вероятности ошибки запас пропускной способности канала уменьшается в 2 раза?

#### Задача №7

Сравнить дифференциальные энтропии гауссовского процесса и процесса, равномерно распределенного на интервале  $(-a, a)$ , если их дисперсии одинаковы.

#### Задача №8

Найти пропускную способность гауссовского канала, имеющего полосу пропускания  $\Delta F_k = 3,1$  кГц, если на вход канала поступает сигнал, мощность которого  $P_c = 1$  мВт, а в канале действует белый шум со спектральной плотностью средней мощности  $N_0 = 10^{-7}$  Вт/Гц.

### Практическое занятие №8 «Прием дискретных сообщений».

#### Задача №1

По каналу связи без памяти передаются двоичные символы  $b_1$  и  $b_2$  с вероятностями  $P(b_1) = 0,6$  и  $P(b_2) = 0,4$ , причем символ  $b_1$  определяется в месте

приема на  $T$  сигналом  $s_1(t) = 0$ , а символ  $b_2$  - сигналом  $s_2(t) = a = 10^{-2}$  В (двоичная АИМ). В канале действует гауссовский стационарный шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией  $\sigma^2 = 10^{-4}$  Вт. Сигналы  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$  известны точно в месте приема. Какой символ регистрирует приемник, оптимальный по критерию минимума средней вероятности ошибки, принимающий решение по одному отсчету смеси  $z(t) = s(t) + n(t)$  на интервале  $T$ , если в момент принятия решения  $z = 0,008$ ? Изобразите структурную схему этого приемника.

### Задача №2

Приемник по одному отсчету выносит решение в пользу символа  $b_1$ , если отсчет принимаемой реализации  $z(t)$  больше порога  $U_0$ ; в противном случае выносится решение в пользу символа  $b_2$ . Определить пороговое значение  $U_0$  для приемника, оптимального по критерию минимума средней вероятности ошибки, если передаваемым двоичным символам  $b_1$  и  $b_2$ , имеющим априорные вероятности  $P(b_1)$  и  $P(b_2)$ , соответствуют каналные сигналы  $s_1 = a$  и  $s_2 = -a$ , а в канале без памяти имеется гауссовский стационарный шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией  $\sigma^2$ .

### Задача №3

Пусть двоичные сигналы и канал связи остаются такими же, как и в предыдущее задаче. Приемное устройство принимает решение о переданном символе по трем независимым отсчетам  $z_1$ ,  $z_2$  и  $z_3$  принимаемой смеси (в точках  $t_1 = T/3$ ,  $t_2 = 2T/3$ ,  $t_3 = T$ ).

Найти алгоритм работы приемника, оптимального по критерию минимума средней вероятности ошибки и изобразить его структурную схему. Чему равен оптимальный порог  $U_0$  при равновероятных отсчетах?

### Задача №4

Символам  $b_i$  ( $i = 1 \div m$ ) с вероятностью  $P(b_i)$  соответствуют известные точно в месте приема сигналы  $s_i(t)$ , определенные на интервале  $(0, T)$ . В канале имеется стационарный белый шум с нулевым математическим ожиданием и энергетическим спектром  $N_0$ .

Показать, что при отсутствии межсимвольной интерференции и анализе принимаемого колебания (сигнал+шум) на всем интервале  $(0, T)$  алгоритм работы приемника, минимизирующего вероятность ошибки (приемника Котельникова), может быть записан в виде:

$$\int_0^T [z(t) - s_i(t)]^2 dt - N_0 \ln(P(b_i)) \stackrel{>}{<} \int_0^T [z(t) - s_j(t)]^2 dt - N_0 \ln(P(b_j)).$$

Показать возможность реализации алгоритма с помощью нелинейной схемы, содержащей квадраторы.

### Задача №5

Показать, что в условиях предыдущей задачи алгоритм оптимального приема может быть записан в виде:

$$\int_0^T z(t)s_i(t)dt - \frac{E_i + N_0 \ln(P(b_i))}{2} > \int_0^T z(t)s_j(t)dt - \frac{E_j + N_0 \ln(P(b_j))}{2},$$

где  $E_i = \int_0^T s_i^2(t)dt$  - энергия сигнала  $s_i(t)$ , и реализован с помощью корреляционной схемы. Какие возможны упрощения в реализации оптимального приемника, если реализации сигналов  $s_i(t)$  имеют равные энергии и равные вероятности.

### Задача №6

Покажите, что если в условиях предыдущей задачи для передачи используются символы 1 и 0 с вероятностями  $P(1)$  и  $P(0)$ , то алгоритм оптимального приема может быть записан так:

$$\int_0^T z(t)\{s_i(t) - s_j(t)\}dt > U_0, U_0 = \frac{E_1 - E_2 + N_0 \ln(P(0)/P(1))}{2}$$

и реализуется одноканальной схемой. Чему равен оптимальный порог  $U_0$ , если  $P(1) = P(0)$  используются двоичные системы:

- с пассивной паузой (АМ);
- с активной паузой ( $E_1 = E_2$ );
- с активной паузой и противоположными сигналами  $s_1(t) = -s_2(t)$  (например, ФМ с изменением фазы на  $\pi$  рад.).

### Задача №7

При заданной реализации принимаемой смеси  $z(t)$  (сигнал+шум) апостериорные вероятности передаваемых символов 1 и 0 равны  $P(1|z) = 0,6$  и  $P(0|z) = 0,4$ . Какой символ зарегистрирует приемник, оптимальный по критерию идеального наблюдателя?

### Задача №8

Двоичные равновероятные символы передаются по каналу связи без памяти сигналами  $s_1(t) = A$  и  $s_2(t) = 0$  на тактовом интервале  $T$ . В канале действует аддитивный стационарный белый шум. Построить структурную схему приемника на основе согласованного фильтра.

### Задача №9

Показать, что согласованный фильтр для сигналов произвольной формы можно построить на основе неискажающей линии задержки на время длительности сигнала  $T$ . Составить схему такого фильтра для однополярного и биполярного сигналов, соответствующих последовательности символов 110010101. Нарисовать сигнал на выходе согласованного фильтра.

### Задача №10

По каналу связи без памяти передаются двоичные символы  $b_1$  и  $b_2$  с вероятностями  $P(b_1)=0,6$  и  $P(b_2)=0,4$ , причем символ  $b_1$  определяется в месте приема на  $T$  сигналом  $s_1(t)=0$ , а символ  $b_2$  - сигналом  $s_2(t)=a=10^{-2}$  В (двоичная АИМ). В канале действует гауссовский стационарный шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией  $\sigma^2=10^{-4}$  Вт. Определить среднюю вероятность ошибки.

### Задача №11

Определить среднюю вероятность ошибки при оптимальном приеме двоичных сигналов на фоне стационарного гауссовского белого шума в канале без памяти и анализе на интервале  $(0, T)$ . Записать выражение для средней вероятности ошибки в системе АМ (с пассивной паузой), ЧМ (с ортогональными сигналами) и ФМ (с противоположными сигналами). Рассчитать среднюю вероятность ошибки для следующих данных:  $P(b_1)=0,3$ ,  $P(b_2)=0,7$ ,  $N_0=10^{-7}$  Вт/Гц,  $T=10$  мс,  $U_m=10$  мВ.

## Практическое занятие №9 «Основы теории помехоустойчивого кодирования».

### Задача №1

Сообщения источника, имеющего алфавит с объемом  $K=32$ , кодируются двоичным блочным кодом. Число разрядов в каждой кодовой комбинации  $n=8$ . Какое число информационных и проверочных символов содержится в каждой кодовой комбинации? Сколько разрешенных и запрещенных комбинаций в используемом коде? Определить избыточность и относительную скорость кода.

### Задача №2

Комбинации  $n$ -разрядного двоичного блочного кода содержат  $k$  информационных символов. Определите долю обнаруживаемых таким кодом ошибок. Определите долю исправляемых ошибок. При каком условии код может применяться в качестве исправляющего?

### Задача №3

Двоичный код, предназначенный для кодирования 8 сообщений, содержит кодовые комбинации:

$$b_1=(0\ 0\ 0\ 0\ 0); b_2=(1\ 0\ 0\ 1\ 1); b_3=(0\ 1\ 0\ 1\ 0); b_4=(1\ 1\ 0\ 0\ 1); \\ b_5=(0\ 0\ 1\ 0\ 1); b_6=(1\ 0\ 1\ 1\ 0); b_7=(0\ 1\ 1\ 1\ 1); b_8=(1\ 1\ 1\ 0\ 0);$$

Является ли данный код линейным? Найти избыточность кода и минимальное кодовое расстояние  $d_{min}$ .

### Задача №4

Построить систематический код  $(7, 4)$ , предназначенный для кодирования сообщений двоичного источника, имеющего объем  $K=2^4$  символов. Показать, что минимальное кодовое расстояние  $d_{min}=3$ . Построить производящую и проверочную матрицы.

### Задача №5

Построить линейный код (7, 4) по заданной производящей матрице:

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

По производящей матрице составить правило формирования проверочных разрядов. Составить проверочную матрицу.

### Задача №6

Линейный код (7, 4) построен по матрице:

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Составить проверочную матрицу и показать процесс исправления ошибок в произвольном разряде корректирующего кода, информационная часть которого представляет собой 4-разрядные комбинации примитивного двоичного кода.

### Задача №7

Показать, что полином  $g(x) = 1 + x + x^3$  является порождающим для циклического кода (7,4). Составить кодовые комбинации данного кода.

### Задача №8

Построить проверочный полином для циклического кода (7,4). Составить таблицу синдромов.

### Задача №9

Какие комбинации циклического кода (7,4), заданного полиномом  $g(x) = 1 + x + x^3$  содержат ошибку: 1001000, 1111001, 0100101, 1111011, 0010111, 0011111, 0100011, 1000001, 1100110, 1111100?

### Задача №10

Можно ли использовать полином  $g(x) = 1 + x^2 + x^5$  в качестве порождающего для построения циклического кода с минимальным кодовым расстоянием  $d_{min} = 5$ ?

## Задача №11

Какое максимальное число ошибок могут обнаружить и исправить циклические коды, построенные с помощью порождающих полиномов:

а)  $g(x) = 1 + x^3 + x^4$ ; б)  $g(x) = 1 + x + x^3 + x^4 + x^5$ ;

в)  $g(x) = 1 + x + x^5 + x^6 + x^7 + x^9 + x^{11}$ .

### 3.2 Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

#### 7 семестр (осенний)

**Лабораторная работа №1 «Моделирование процессов функционирования многоканальной системы передачи информации с частотным разделением КТЧ и исследование защищенности канала от переходных вынужденных помех»**

**Цель работы:** изучить принципы построения многоканальных систем передачи информации с частотным разделением каналов (ЧРК) и исследовать степень защищенности канала от переходных вынужденных помех.

#### Лабораторное задание №1

1. Создайте файл в пакете прикладных программ MathCAD.
2. Реализуйте модель двухканальной системы передачи АМ радиосигналов. С этой целью выполните следующие этапы:

А) Реализуйте модели двух дискретных информационных сигналов в виде гармонических колебаний с разными частотами, принадлежащими спектру речевого сообщения, различными амплитудами и начальными фазами.

Б) Реализуйте модели двух дискретных сигналов-переносчиков в виде гармонических колебаний с разными частотами, принадлежащими диапазону частот от 100 кГц до 300 кГц, различными амплитудами и начальными фазами.

В) Рассчитайте время дискретизации сигналов  $\Delta t$  в соответствии с теоремой Котельникова. Предусмотрите не менее десяти отсчетов на период для качественной визуализации представления дискретных сигналов.

Г) Задайте число периодов модулирующего колебания для наблюдения М и рассчитайте число формируемых отсчетов в соответствии с выражением:

$$N = 2^{\text{floor} \frac{\log \left( \frac{M \cdot T_{max}}{\Delta t} \right)}{\log(2)}},$$

где  $T_{max}$  - наибольший из периодов дискретных сигналов-переносчиков.

Примечание: специальная функция «floor(x)» возвращает наибольшее целое число от вещественной величины x.

Д) Сформируйте модели воздействующих на каналные модуляторы (КАМ) дискретных результирующих колебаний в виде суммы сигнала-переносчика и информационного сигнала для каждого канала системы в отдельности.

Е) Рассчитайте комплексные спектры и постройте амплитудные спектры дискретных воздействий на КАМы. Воспользуйтесь функцией для выполнения быстрого дискретного преобразования Фурье «FFT». Убедитесь, что амплитудные спектры дискретных

воздействий содержат две гармонических низкочастотную и высокочастотную составляющие с заданными параметрами.

Е) Задайте аппроксимацию ВАХ нелинейного элемента КАМ полиномом второй степени. При этом рекомендуются следующие числовые значения коэффициентов при степенях полинома:  $a_0 = 18 \cdot 10^{-3}$ ;  $a_1 = 7 \cdot 10^{-3}$ ;  $a_2 = 1 \cdot 10^{-3}$ .

Ж) Рассчитайте комплексные спектры дискретных выходных токов НЭ КАМ, постройте амплитудные спектры данных сигналов, проанализируйте их спектральный состав.

З) Реализуйте модели канальных полосовых фильтров (КПФ), настроенных на частоты сигналов-переносчиков, с комплексными коэффициентами передачи вида:

$$K(j \cdot f) = \frac{j \cdot f \cdot f_0 \cdot d}{f_0^2 - f^2 + j \cdot f \cdot f_0 \cdot d},$$

где  $f_0$  - резонансная частота КПФ;  $d$  - затухание КПФ (величина, обратная добротности);  $f$  - текущее значение воздействующего сигнала.

Примечание: полосу пропускания каждого КПФ согласуйте по ширине со спектром дискретного АМ сигнала, формируемым в каждом канале системы.

И) Рассчитайте комплексные спектры дискретных выходных напряжений на выходах КПФ, постройте и проанализируйте амплитудные спектры сформированных модельных АМ сигналов.

К) Получите и постройте временные реализации канальных АМ сигналов, воспользовавшись функцией обратного быстрого преобразования Фурье «IFFT».

Л) Сформируйте групповой линейный сигнал на выходе устройства объединения. Получите комплексный спектр данного сигнала, постройте и проанализируйте амплитудный спектр линейного группового сигнала.

М) Произведите разделение канальных сигналов посредством канальных полосовых фильтров на приемной стороне системы. Приемные КПФ постройте аналогично КПФ на передающей стороне системы. Получите комплексные спектры канальных сигналов на выходах приемных КПФ в каждом канале системы, постройте и проанализируйте их амплитудные спектры.

Н) Получите и постройте временные реализации принятых канальных сигналов.

О) Постройте модели синхронных канальных детекторов. С этой целью:

- осуществите выделение сигналов-переносчиков из принятых канальных сигналов посредством высокодобротных полосовых фильтров, настроенных на несущие частоты данных сигналов и с добротностями как минимум в 10 раз превышающими добротности КПФ на приемной стороне. Постройте и проанализируйте амплитудные спектры и временные реализации выходных с фильтров сигналов, оцените степень подавления нижней и верхней боковых частот.
- произведите перемножение принятых канальных сигналов с выделенными из них сигналами-переносчиками во временной области. Получите комплексные спектры сигналов на выходах перемножителей в каждом из каналов.
- осуществите выделение первичных (информационных) сигналов посредством идеальных канальных ФНЧ с частотами среза

$$f_c = 1.1 \cdot F_m,$$

где  $F_m$  - значение частоты модуляции (первичного сигнала) для каждого канала системы.

П) получите и постройте временные реализации принятых первичных сигналов, сделайте вывод о степени их соответствия первичным сигналам на передающей стороне.



## Лабораторное задание №2

1. Создайте файл в пакете прикладных программ MathCAD.
2. Введите исходные данные: задайте частоту сигнала-переносчика в первом канале двухканальной системы передачи АМ сигнала, величину защитного интервала между каналами, амплитуды и начальные фазы сигналов-переносчиков, амплитуды и начальные фазы первичных сигналов, одинаковую частоту первичных сигналов как верхнюю частоту спектра речевого сообщения.
3. Рассчитайте несущую частоту второго сигнала-переносчика с учетом ширины полос частот, отводимых под каждый канал системы и величины защитного интервала.
4. Реализуйте модели АМ сигналов на выходе передающей части в каналах системы в виде дискретных сигналов, в соответствии со структурной схемой, приведенной на рисунке 1. При реализации КПФ предусмотрите возможность изменения порядка канальных полосовых фильтров. Сформируйте линейный групповой дискретный сигнал.
5. Смоделируйте разделение канальных сигналов и их демодуляцию на приемной стороне посредством канальных полосовых фильтров и синхронного детектора. Приемные КПФ должны быть того же порядка, что и на передающей стороне. Выполните модельный ФНЧ в виде пассивной RC-цепи или многозвенного RC-фильтра с неравномерностью АЧХ каждого звена  $\Delta = \sqrt{2}$ . Предусмотрите возможность изменения порядка ФНЧ.
6. Произведите оценку величины средней мощности сигналов на выходах приемной части первого и второго каналов системы.
7. Проведите модельные измерения защищенности второго канала системы от переходных помех в зависимости от величины защитного интервала. С этой целью:
  - обнулите второй канальный сигнал;
  - осуществите измерение величины средней мощности сигнала на выходе первого канала;
  - на выходе второго канала осуществите измерение величины средней мощности сигнала, проникшего из первого канала во второй канал при различных значениях величины защитного интервала между каналами;
  - рассчитайте затухание переходных помех, постройте графическую зависимость затухания переходных помех от величины защитного интервала.
  - определите величину затухания переходных помех при стандартной ширине защитного интервала в КТЧ 900 Гц.
  - сделайте вывод о характере полученной зависимости.
8. Проведите модельные измерения защищенности второго канала системы от переходных помех в зависимости от порядка канальных ФНЧ при стандартной ширине полосы расфильтровки 900 Гц. Проанализируйте полученные результаты.

### Контрольные вопросы:

1. Изобразите структурную схему многоканальной системы передачи АМ радиосигналов и изложите принцип построения многоканальных систем с ЧРК.
2. Обоснуйте необходимость выделения каждому каналу в многоканальной телефонной системе передачи информации полосы частот шириной в 4 кГц.
3. Приведите выражение и графическую зависимость АЧХ идеального полосового фильтра. Какое по величине затухание обеспечивают такие канальные фильтры вне полосы пропускания?
4. Дайте пояснение терминам «полоса пропускания», «полоса эффективного задерживания», «полоса расфилтровки» применительно к реальным канальным полосовым фильтрам. С какой целью между полосами частот, отводимыми двум соседним каналам системы предусматривают защитный частотный интервал?
5. Как оценить общую полосу частот, отводимую под групповой сигнал в многоканальной системе передачи с ЧРК?
6. Что понимают переходным затуханием или защищенностью канала от переходных помех, как его оценить?
7. Приведите выражение для оценки мощности переходной помехи. Каков допустимый уровень переходных влияний между КТЧ в магистральных и внутризонавых первичных сетях?

### Лабораторная работа №2 Модельные исследования процессов формирования ОБП на основе фазоразностной схемы

**Цель работы:** моделирование процесса функционирования канальных формирователей ОБП на основе фазоразностной схемы и модельные исследования степени подавления неиспользуемой боковой полосы.

#### Лабораторное задание

1. Создайте рабочий файл в системе MathCAD.
2. Введите исходные данные: амплитуду, циклическую частоту из диапазона (300 Гц – 3,4 кГц), начальную фазу информационного сигнала, амплитуду 1 В, циклическую частоту 10 кГц, начальную фазу несущего колебания.
3. Произведите расчет периодов информационного и несущего сигналов.
4. Задайте число отсчетов в модельных реализации сигналов как  $N = 2^{17}$
5. Рассчитайте время дискретизации сигналов, предусмотрите не менее 10 отсчетов на период несущего колебания.
6. Сформируйте модельный дискретный информационный сигнал, рассчитайте его комплексный спектр.
7. Постройте временную реализация и амплитудный спектр информационного сигнала. Убедитесь, что параметры модельного сигнала соответствуют заданным.
8. Постройте модели фазовых контуров, входящих в ветви фазоразностной схемы формирования ОБП. При задании комплексных передаточных функций фазовых контуров предусмотрите возможность введения погрешности их фазирования  $\Delta\phi$ .
9. Рассчитайте комплексные спектры информационного сигнала на выходе фазовых контуров, получите и постройте временные реализации выходных сигналов, сравните их с сигналом на входе, убедитесь в адекватности модельных фазовых контуров.
10. Введите коэффициент ослабления  $K$  в первую ветвь ФРС, тем самым реализовав модель аттенюатора. Получите сигнал, ослабленный в  $K$  раз по отношению к сигналу на выходе первого фазового контура.

11. Сформируйте модели несущего колебания для подачи на балансные модуляторы первой и второй ветвей ФРС. Постройте их временные реализации, убедитесь в соответствии модельных параметров заданным.
12. Постройте модели балансных модуляторов ветвей ФРС, рассчитайте комплексные спектры сигналов на их выходах, убедитесь в адекватности построенных моделей путем анализа амплитудных спектров выходных сигналов.
13. Постройте модель сумматора (вычитателя) ФРС для получения нижней (верхней) боковой полосы. Получите комплексные спектры выходных с сумматора (вычитателя) сигналов. Постройте временные реализации и амплитудные спектры модельных сигналов, проведите их анализ для подтверждения адекватности моделей сумматора (вычитателя).
14. Проведите модельные исследования степени подавления неиспользуемой боковой полосы. С этой целью снимите модельную зависимость затухания в полосе задерживания от погрешности фазирования. Результаты занесите в таблицу 1.

Таблица 1 - Модельная зависимость затухания в полосе задерживания от погрешности фазирования

$\Delta\phi, \text{град}$	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>
$A_z, \text{дБ}$														

15. Снимите модельную зависимость затухания в полосе задерживания от коэффициента асимметрии  $k$ . Результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2 - Модельная зависимость затухания в полосе задерживания от коэффициента асимметрии  $k$

$k$	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
$A_z, \text{дБ}$														

16. Проведите модельные исследования степени затухания выделенной боковой полосы. С этой целью снимите модельную зависимость затухания в полосе пропускания от погрешности фазирования. Результаты занесите в таблицу 3.

Таблица 3 - Модельная зависимость затухания в полосе пропускания от погрешности фазирования

$\Delta\phi, \text{град}$	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>
$A_n, \text{дБ}$														

17. Снимите модельную зависимость затухания в полосе пропускания от коэффициента асимметрии  $k$ . Результаты занесите в таблицу 4.

Таблица 4 - Модельная зависимость затухания в полосе пропускания от коэффициента асимметрии  $k$

$k$	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,2</b>	<b>0,25</b>	<b>0,3</b>	<b>0,35</b>	<b>0,4</b>	<b>0,45</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1</b>
$A_z, \text{дБ}$														

18. Снимите модельную зависимость затухания подавления ненужной боковой полосы от погрешности фазирования. Результаты занесите в таблицу 5.

Таблица 5- Модельная зависимость затухания подавления ненужной боковой полосы от погрешности фазирования

$\Delta\phi, \text{град}$	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
$A_{zn}, \text{дБ}$														

19. Снимите модельную зависимость затухания в полосе пропускания от коэффициента асимметрии  $k$ . Результаты занесите в таблицу 6.

Таблица 6 - Модельная зависимость затухания подавления от коэффициента асимметрии  $k$

$k$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$A_{zn}, \text{дБ}$														

20. Проведите теоретический расчет всех исследуемых параметров.

21. Постройте графические зависимости в виде модельных и теоретических кривых.

22. Оцените полученные результаты.

#### Контрольные вопросы:

1. Изобразите ФРС и поясните принцип ее работы по формированию ОБП.
2. Что понимают под затуханием в полосе задерживания?
3. Что понимают под затуханием в полосе пропускания?
4. Что понимают под затуханием подавления неиспользуемой боковой полосы?
5. Получить выражения для теоретической оценки затухания в полосе задерживания в зависимости от погрешности фазирования и коэффициента асимметрии ветвей ФРС.
6. Получить выражения для теоретической оценки затухания в полосе задерживания в зависимости от погрешности фазирования и коэффициента асимметрии ветвей ФРС.
7. Получить выражения для теоретической оценки затухания в полосе пропускания в зависимости от погрешности фазирования и коэффициента асимметрии ветвей ФРС.
8. Получить выражения для теоретической оценки затухания подавления неиспользуемой боковой полосы в зависимости от погрешности фазирования и коэффициента асимметрии ветвей ФРС.
9. Какими достоинствами обладают ФРС формирования ОБП?
10. Каковы недостатки данного метода формирования ОБП?

#### Лабораторная работа №3 «Исследование корреляционных свойств псевдослучайных последовательностей на основе кодов Баркера, М-последовательностей и кодов Уолша»

**Цель работы:** построение сигналов на выходе согласованного фильтра для различных кодовых последовательностей (код Баркера, М-последовательность, код

Уолша) и их сравнение по относительному уровню боковых лепестков их АКФ; построение взаимных корреляционных функций двух кодовых последовательностей одинаковой длины (M-последовательность или код Уолша) и определение степени ее соответствия  $\delta$ -функции.

### Лабораторное задание

#### 1. Исследование корреляционных свойств кодов Баркера

Используя встроенную функцию Хевисайда  $1(t)$  среды MathCAD (Insert  $\rightarrow$  Function  $\rightarrow$  Piecewise Continuous  $\rightarrow$  heaviside step или Вставка  $\rightarrow$  Функция  $\rightarrow$  Кусочно-непрерывные  $\rightarrow$  heaviside\_step) сформируйте сигнал кода Баркера в соответствии с выражением:

$$s(t) = \sum_{i=0}^{M-1} b_i \cdot 1(t - i\tau_{\Pi}) \cdot 1((i+1)\tau_{\Pi} - t),$$

где  $\tau_{\Pi} = \frac{\tau_{и}}{M}$  - длительность позиции в коде Баркера. Длительность  $\tau_{и}$  задайте на свое усмотрение. Коэффициенты  $b_i$ , входящие в выражение, задайте в виде вектора-строки (матрицы  $1 \times M$ ). Значение коэффициентов и позиционность кода Баркера  $M$  выберите из следующей таблицы 1.

Для анализа корреляционных свойств всех указанных последовательностей сформируйте сигнал на выходе корреляционного приемника (согласованного фильтра) при поступлении на его вход каждой из приведенных последовательностей. Для этого воспользуйтесь следующей процедурой:

$$s_1(t) = \sum_{i=0}^{M-1} b_{M-i-1} \cdot s(t - i\tau_{\Pi}), \quad s_2(t) = s_1(t) - s_1(t - \tau_{\Pi}), \quad s_3(t) = \int_0^t s_2(t) dt.$$

Таблица 1 – Последовательности Баркера

Длина последовательности M	Последовательность
2	+1, -1
3	+1, +1, -1
4	+1, -1, +1, +1
5	+1, +1, +1, -1, +1
7	+1, +1, +1, -1, -1, +1, -1
11	+1, +1, +1, -1, -1, -1, +1, -1, -1, +1, -1
13	+1, +1, +1, +1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, -1, +1

Поскольку вычисление интегралов в аналитическом виде может занять много машинного времени, можно проводить последние вычисления численно. Для этого задайте интервал дискретизации, разбив весь временной интервал в  $2\tau_{и}$  на  $2^{10}$  точек и вычислите значения функции  $s_2(t)$  в них:

$$s_{2i} = s_2(i\Delta t), \quad \Delta t = \frac{2\tau_{и}}{N}, \quad i = 0..N - 1, \quad N = 2^{10}.$$

Тогда вычисление интеграла может быть сведено к суммированию:

$$s_{3j} = \Delta t \cdot \sum_{i=0}^j s_{2i}.$$

Для нормировки полученного сигнала определите энергию сигнала Баркера:

$$E = \Delta t \cdot \sum_{i=0}^j s^2(i \cdot \Delta t).$$

Постройте график зависимости нормированного выходного сигнала согласованного фильтра  $\frac{s_{3j}}{E}$  от времени  $j \cdot \Delta t$  для всех  $j = 0..2N - 1$ . Он должен представлять собой симметричную нормированную автокорреляционную функцию (АКФ) сигнала Баркера, смещенную по оси времени в сторону запаздывания на величину  $\tau = \tau_{и}$ . Пример нормированной АКФ для 5-позиционного кода Баркера приведен на рисунке 1.

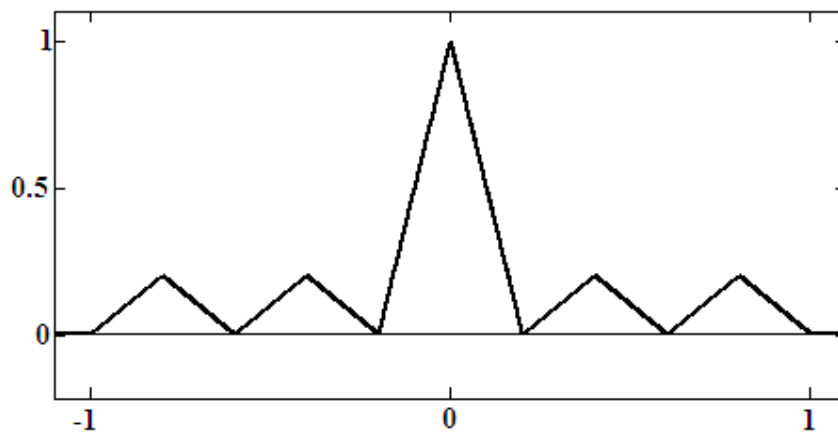


Рисунок 1 – Нормированная АКФ кода Баркера +1/ +1/ +1/ -1/ +1: по горизонтали отложена величина  $t / \tau_{и}$

Убедитесь, что ширина главного лепестка АКФ определяется длительностью импульса  $\tau_{и}$ . Для этого измерьте ее при двух различных значениях  $\tau_{и}$ .

Измерьте относительный уровень боковых лепестков для всех значений  $M$  и занесите результаты в таблицу 2:

Таблица 2 – Относительный уровень боковых лепестков АКФ кода Баркера

М	2	3	4	5	7	11	13
УБЛ							

Сделайте вывод о зависимости относительного УБЛ от позиционности кода Баркера. Сохраните графики выходных сигналов для всех семи кодов Баркера.

## 2. Исследование корреляционных свойств M-последовательностей

Задайте вместо кода Баркера M-последовательность длиной в 3, 7, 15 и 31 символ. Для этого воспользуйтесь порождающими полиномами, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 – Порождающие полиномы для генерации M-последовательностей

n	Порождающий полином $F(x)$	Длина последовательности $M=2^n-1$
---	-------------------------------	---------------------------------------

2	$x^2 + x + 1$	3
3	$x^3 + x + 1$	7
4	$x^4 + x + 1$	15
5	$x^5 + x^2 + 1$	31

Общий вид порождающего полинома:

$$F(x) = x^n + a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1x + a_0,$$

где коэффициенты принимают значения  $a_k = \{0,1\}$ . Пример генератора M-последовательности на основе порождающего полинома  $F(x) = x^6 + x + 1$  будет иметь вид, показанный на рисунке 2.

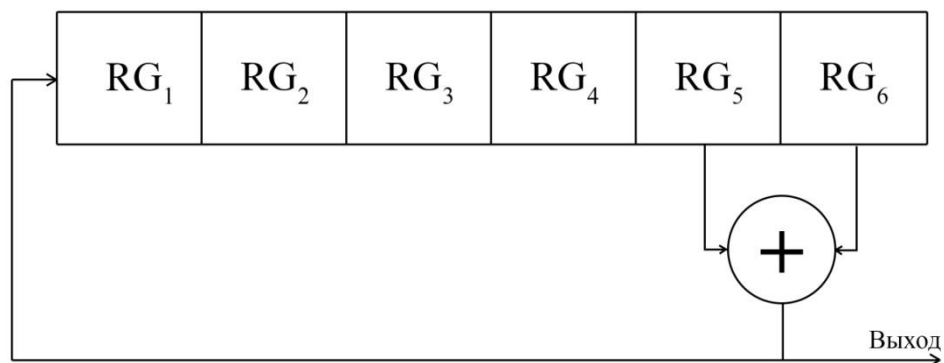


Рисунок 2 – Генератор M-последовательности

Как видно из рисунка значение выходного сигнала зависит только от тех значений сигнала в регистре сдвига, которые соответствуют ненулевым коэффициентам  $a_k$ . После их суммирования по модулю 2 (встроенная функция MathCAD  $(...) \bmod 2$ ) значения входного сигнала сдвигаются на 1 позицию в регистре сдвига, а полученное на выходе значение по обратной связи передается в первую ячейку. Процедура повторяется до тех пор, пока комбинация значений сигнала в регистре сдвига не повториться. В качестве исходного сигнала может быть выбран любой за исключением всех 0.

Приведем **пример** для формирования 7-позиционной M-последовательности. Пусть **исходный код** имеет вид  $[0, 0, 1]$ . Согласно таблице 3 порождающий полином имеет вид  $F(x) = x^3 + x + 1$  и значит суммироваться будут два последних разряда. Напомним правило суммирования по модулю 2:

$$0 \oplus 0 = 0, \quad 0 \oplus 1 = 1, \quad 1 \oplus 0 = 1, \quad 1 \oplus 1 = 0.$$

Таким образом, **на первом шаге** получаем выходной сигнал **1**, а новая комбинация значений сигнала в регистре сдвига имеет вид  $[1, 0, 0]$ . Тогда **на втором шаге** выходной сигнал окажется равным **0**, а новая кодовая комбинация –  $[0, 1, 0]$ . **На третьем шаге** получим значение выходного сигнала **1** и кодовую комбинацию  $[1, 0, 1]$ . **На четвертом шаге** выходной сигнал будет равен **1**, а кодовая комбинация –  $[1, 1, 0]$ . **Пятый шаг** даст значение выходного сигнала **1** и кодовую комбинацию  $[1, 1, 1]$ . **На шестом шаге** получим значение выходного сигнала **0** и кодовую комбинацию  $[0, 1, 1]$ . **На седьмом шаге** выходной сигнал будет равен **0**, а кодовая комбинация –  $[0, 0, 1]$ . Поскольку кодовая комбинация повторила начальную расчет прекращается. Итак, M-последовательность имеет вид:



[1, 0, 1, 1, 1, 0, 0].

При использовании любой другой исходной последовательности образуется М-последовательность той же длины, но с циклически переставленными значениями символов.

Сформируйте оставшиеся М-последовательности длиной в 3, 15 и 31 символ и постройте для них сигналы на выходе согласованного фильтра аналогично кодам Баркера. При построении модели сигнала в среде MathCAD перейдите от униполярного сигнала из 0 и 1 к биполярному, заменив все 0 на -1. Сохраните графики соответствующих сигналов на выходе согласованного фильтра. Оцените уровень боковых лепестков для всех четырех М-последовательностей и занесите в таблицу 4:

Таблица 4 – Относительный уровень боковых лепестков АКФ М-последовательности

М	3	7	15	31
УБЛ				

Сделайте вывод о зависимости относительного УБЛ от длины М-последовательности. Сравните УБЛ для кодов Баркера и М-последовательностей одинаковой (или близкой) длины. Сделайте вывод о предпочтительности того или иного кода.

Рассмотрите форму взаимных корреляционных функций М-последовательности для М=7, создав циклической перестановкой 7 различных последовательностей и произведя расчет сигнала на выходе согласованного фильтра при подаче на его вход любой из 7 последовательностей при условии, что фильтр согласован с любой из 6 оставшихся последовательностей. Измерьте максимальное значение нормированной взаимной корреляционной функции. Результаты занесите в таблицу 5.

Таблица 5 – Максимальные значения нормированной взаимной корреляционной функции двух М-последовательностей одинаковой длины

Первая М-последовательность	Вторая М-последовательность	$B_{max}$

Сделайте вывод о взаимной корреляции двух М-последовательностей одинаковой длины.

Проделайте точно такие же измерения для М-последовательности длиной в 15 символов. Убедитесь, что взаимная корреляционная функция приближается к  $\delta$ -функции по мере увеличения М. Сохраните наиболее удачный вид сигнала, соответствующего взаимной корреляционной функции.

### 3. Исследование корреляционных свойств кодов Уолша

Коды Уолша могут быть легко построены на основе так называемых матриц Адамара:

$$M_0 = 1 \Rightarrow M_1 = \begin{bmatrix} M_0 & M_0 \\ M_0 & -M_0 \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M_2 = \begin{bmatrix} M_1 & M_1 \\ M_1 & -M_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Любая из строк матрицы Адамара представляет собой код Уолша соответствующей длины.

Сформируйте четыре кода Уолша длиной 2, 4, 8 и 16 символов и постройте для них сигналы на выходе согласованного фильтра аналогично кодам Баркера. Сохраните графики соответствующих сигналов на выходе согласованного фильтра. Оцените уровень боковых лепестков для всех четырех кодов Уолша и занесите в таблицу 6:

Таблица 6 – Относительный уровень боковых лепестков АКФ кода Уолша

М	2	4	8	16
УБЛ				

Сделайте вывод о зависимости относительного УБЛ от длины кода Уолша. Сравните УБЛ для кодов Баркера и кодов Уолша одинаковой (или близкой) длины. Сделайте вывод о предпочтительности применения кода Баркера, М-последовательности или кода Уолша в системах радиолокации.

Проведите исследования взаимной корреляционной функции кодов Уолша одинаковой длины в 8 и 16 символов. Сравните степень соответствия взаимной корреляционной функции  $\delta$ -функции для М-последовательностей и кодов Уолша. Сохраните наиболее удачный вид сигнала, соответствующего взаимной корреляционной функции для кода Уолша длиной в 16 символов. Сделайте вывод о предпочтительности применения М-последовательности или кода Уолша в системах с кодовым разделением каналов (CDMA).

### Контрольные вопросы:

1. Что собой представляют коды Баркера и какими свойствами они обладают?
2. Что собой представляет согласованный фильтр и для чего он применяется?
3. Как строится схема согласованного фильтра при известной форме сигнала?
4. Как определяется максимальное отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра при фильтрации на фоне белого гауссова шума?
5. Какое свойство кодов Баркера позволяет его использовать для модуляции радиозондирующего сигнала в системах радиолокации?
6. В чем преимущество и недостаток кодов Баркера по сравнению с М-последовательностями?
7. Что собой представляют М-последовательности и какими свойствами они обладают?
8. Как происходит формирование М-последовательности? Приведите пример.
9. Что собой представляют коды Уолша и какими свойствами они обладают?
10. Как происходит формирование кодов Уолша на основе матриц Адамара?

11. Какое свойство M-последовательностей и кодов Уолша позволяет использовать их в системах с кодовым разделением каналов?

### 8 семестр (весенний)

#### Лабораторная работа №1 «Изучение ПВ/КВ радиостанции «Ангара-РБ»

**Цель работы:** изучить назначение, основные технические данные, состав, особенности построения и работы элементов радиостанций.

#### Лабораторное задание:

1. Изучить назначение, технические данные, состав, особенности конструкции радиостанции РСТ «Ангара-РБ».
2. Изучить особенности структурной схемы передатчика РСТ формирования радиосигналов, частотного плана возбудителя, принципов синтеза частот.
3. Изучить особенности структурной схемы приемника РСТ, его частотного канала, схемотехники главного и частного трактов приема.
4. Изучить схемотехнику автоматического согласующего устройства (АСУ) и особенности его работы на разных рабочих частотах.
5. Изучить назначение органов управления и контроля, особенности технической эксплуатации РСТ.

#### Контрольные вопросы:

1. К какой системе радиосвязи относится РСТ «Ангара-РБ»?
2. Перечислите основные технические данные РСТ.
3. Каков состав РСТ и каково назначение элементов РСТ?
4. Поясните принципы формирования радиосигналов в возбудителе передатчика РСТ.
5. Запишите частотный план возбудителя передатчика и укажите на его особенности, достоинства и недостатки.
6. Каким образом формируются частоты в блоке синтеза частот? В чем заключаются особенности схем синтезаторов частот, формирующих мелкую и крупную сетку частот?
7. Каковы особенности принципиальных электрических схем платы УВЧ передатчика, обеспечивающего усиление мощности радиосигнала? Какие способы обеспечения широкополосности каскадов усиления мощности применены в УВЧ?
8. Какие функции выполняет блок АСУ? Каковы условия согласования передатчика РСТ с антенной?
9. Что представляет собой блок фильтров гармоник передатчика? Из каких соображений выбрано число фильтров гармоник, их рабочие поддиапазоны и схемы?
10. Каковы назначение и особенности схемы согласования, датчиков фазы и модуля сопротивления в АСУ?
11. Какой тип приемника в РСТ? Запишите его частотный план и укажите на его достоинства и недостатки.
12. Каковы особенности схемотехники главного тракта приема? Что представляет собой преселектор приемника?
13. Поясните принципы построения частного тракта приемника РСТ и особенности его работы при приеме радиосигналов с классами излучения J3E, H3E и A1A.

## **Лабораторная работа № 2 «Изучение ПВ/КВ радиостанции TR – 1500 фирмы JMC» (Япония)**

**Цель работы:** изучить назначение, основные технические данные, состав, особенности построения и работы радиостанции.

### **Лабораторное задание:**

1. Изучить назначение, основные технические данные, состав и особенности конструкции PCT, TR – 1500.
2. Изучить особенности структурной схемы передатчика PCT, формирования радиосигнала, частотного плана возбудителя интерполуаконного типа, усиления мощности радиосигналов.
3. Изучить особенности структурной схемы приемника PCT, его частотного плана, схемотехники главного и частного трактов приема.
4. Изучить схемотехнику антенного согласующего устройства типа AT – 1500 и особенности его работы на разных рабочих частотах.
5. Изучить назначение органов управления и контроля, особенности технической эксплуатации PCT.

### **Контрольные вопросы:**

1. К какой системе радиосвязи относится радиостанция TR-1500?
2. Каковы назначение, основные технические данные и состав PCT?
3. Какой тип возбудителя используется в передатчике PCT и каков его частотный план?
4. Какой способ формирования радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией реализован в возбудителе передатчика?
5. Поясните особенности работы возбудителя при формировании радиосигналов с классами излучения J3E и H3E.
6. Каковы особенности принципиальной электрической схемы блока усиления мощности? Какие способы обеспечения широкополосности применены в каскадах усиления мощности?
7. Поясните принципы построения и особенности структурной схемы приемника PCT, его главного и частного трактов приема.
8. Запишите частотный план приемника PCT и укажите на его достоинства и недостатки. Почему частотный план приемника обратен частотному плану возбудителя передатчика?
9. Какие элементы схемы передатчика используются при работе приемника PCT? За счет чего удается обеспечить такое комплексирование?
10. Каковы особенности схемы преселектора приемника? Почему в нем используются ФНЧ и ФВЧ Кауэровского типа?
11. Как осуществляется детектирование радиосигналов с классами излучения J3E, H3E и A3E?
12. Каковы особенности формирования частот гетеродинов в блоке синтеза частот? Запишите уравнения синтеза этих частот.
13. Как при заданной рабочей частоте передатчика и приемника выбираются необходимые коэффициенты деления ДПКД в микросхемах PLL-логики?
14. Каково назначение блока AT-1500? В чем заключаются условия согласования передатчика с антенной? Как работает этот блок в режимах настройки и работы?
15. Что представляет собой схема согласования блока AT-1500? Какие варианты схем могут быть образованы при коммутации ключей в схеме согласования? В каких случаях они могут быть использованы?

16. Какие функции выполняет микропроцессорное устройство в РСТ?
17. Какие сервисные функции реализованы в РСТ для оператора? В каких случаях они могут быть использованы?

### **Лабораторная работа № 3 «Изучение ПВ/КВ-радиоустановки типа IC-M802 фирмы ICOM (Япония)»**

**Цель работы:** изучить назначение, основные технические данные, состав и особенности построения и работы элементов радиоустановки.

#### **Лабораторное задание:**

1. Изучить назначение, технические данные, состав, особенности конструкции радиоустановки.
2. Изучить частотные планы и структурные схемы премопередатчика, вахтенного приемника ЦИВ, блока синтеза частот.
3. Изучить особенности принципиальных электрических схем наиболее важных блоков премопередатчика, вахтенного приемника ЦИВ.
4. Изучить назначение органов управления и контроля, особенности технической эксплуатации радиоустановки.

#### **Контрольные вопросы:**

1. К какой системе радиосвязи относится радиоустановка TR-IC-M802?
2. Каковы назначение, основные технические данные, состав и особенности конструкции радиоустановки?
3. Пользуясь функциональной схемой радиоустановки, покажите, какие элементы относятся к возбудителю передатчика, каковы их функции?
4. Запишите частотный план возбудителя передатчика и укажите на его особенности, достоинства и недостатки.
5. Какие функции при передаче и приеме выполняет цифровой сигнальный процессор (DSP)?
6. Запишите частотный план приемника премопередатчика и сравните его с частотным планом передатчика.
7. Покажите на структурной схеме путь прохождения радиосигнала от антенны до сигнального процессора. Какие элементы передатчика используются при приеме?
8. Что представляют собой преселекторы приемника премопередатчика и вахтенного приемника ЦИВ?
9. Каковы особенности частотного плана вахтенного приемника ЦИВ?
10. Поясните, как осуществляется синтез частот гетеродинов в блоке синтеза частот? Каковы уравнения синтеза частот?
11. Каковы функции блока антенного согласующего устройства и каковы принципы его построения и работы?
12. Каковы особенности технической эксплуатации радиоустановки?

### **Лабораторная работа № 4 «Изучение радиорелейной станции типа PASOLINK»**

**Цель работы:** Изучить назначение, основные технические данные, состав, особенности построения и работы станции.

#### **Лабораторное задание:**

1. Изучить назначение, технические данные, состав, особенности конструкции

- элементов станции.
2. Изучить особенности структурной схемы передатчика станции, его частотного плана, особенности формирования и усиления мощности радиосигнала.
  3. Изучить структурную схему приемника станции и его частотный план.
  4. Изучить особенности обеспечения совместной работы передатчика и приемника на общую антенну.

#### **Контрольные вопросы:**

1. В какой системе радиосвязи используется станция PASOLINK?
2. Каковы назначение, основные технические данные, состав станции и особенности конструкции ее элементов?
3. Поясните особенности структурной схемы передатчика станции и его частотный план.
4. Какой вид модуляции и уплотнения каналов используется в станции?
5. Каковы особенности структурной схемы приемника и его частотного плана?
6. Каким способом обеспечивается развязка при совместной работе передатчика и приемника на общую антенну?
7. Каковы требования к блоку синтеза частот, который обеспечивает работу передатчика и приемника станции?
8. Какой тип антенны используется в станции и каковы особенности ее характеристик?

#### **Лабораторная работа № 5 «Изучение судовой земной станции спутниковой системы связи ИНМАРСАТ типа FELCOM 11 фирмы FURUNO» (Япония)**

**Цель работы:** Изучить назначение, основные технические данные, состав, особенности построения и работы СЗС.

#### **Лабораторное задание:**

1. Изучить назначение, технические данные, состав, особенности конструкции элементов СЗС.
2. Изучить особенности структурных схем антенного блока, связного блока и терминала СЗС.
3. Изучить особенности работы СЗС в режимах передачи и приема.
4. Изучить назначение органов управления и контроля, особенности технической эксплуатации СЗС.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Каковы назначение, основные технические данные и состав СЗС FELCOM 11?
2. В чем заключаются особенности СЗС стандарта ИНМАРСАТ-С?
3. Пользуясь структурной схемой антенного блока СЗС, поясните назначение его элементов и особенности работы в режиме передачи и приема.
4. Каким способом обеспечивается развязка между передающей и приемной частями СЗС?
5. Каковы тип, конструкция и основные характеристики антенны СЗС?
6. Покажите особенности структурной схемы связного блока. Какие функции выполняет этот блок?
7. Запишите частотный план передатчика СЗС. Как синтезируется частота поднесущей, на которой формируется радиосигнал?
8. Каким способом формируется радиосигнал в передатчике на первой поднесущей?

- Какую роль при этом играет микропроцессорное устройство?
9. Поясните принципы построения и работы приемной части СЗС. Каков ее частотный план?
  10. Какие функции в связном блоке выполняет радиочастотный конвертор? Какие элементы он содержит?
  11. Какие особенности детектирования радиосигнала реализованы на плате микропроцессорного устройства?
  12. Что представляют собой структурные схемы гетеродинов приемника? Каковы их уравнения синтеза частот?
  13. Какие способы обеспечения помехоустойчивости приема радиосигналов использованы в СЗС FELCOM 11? В чем заключается их суть?

### **Лабораторная работа № 6 «Изучение УКВ-радиоустановки ГМССБ типа FM-8500 фирмы FURUNO» (Япония)**

**Цель работы:** Изучить назначение, основные технические данные, особенности построения и работы радиоустановки и ее элементов.

#### **Лабораторное задание:**

1. Изучить назначение, технические данные, состав и особенности конструкции радиоустановки FM-8500.
2. Изучить особенности функциональной электрической схемы передатчика, формирования радиосигнала с фазовой модуляцией, построения синтезатора частоты и тракта усиления мощности.
3. Изучить особенности функциональной электрической схемы приемника УКВ радиостанции, его частотного плана, схемотехники главного и частного трактов приема.
4. Изучить особенности функциональной электрической схемы вахтенного приемника УКВ, его частотного плана, схемотехники главного и частного трактов приема.
5. Изучить назначение органов управления и контроля, особенности технической эксплуатации радиоустановки.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Поясните, в какой подсистеме связи ГМССБ используются УКВ-радиоустановки?
2. Каковы назначение, основные технические данные, состав и особенности конструкции радиоустановки?
3. Поясните сущность метода формирования радиосигналов с классами излучения G3E и G2B реализованного в возбудителе передатчика.
4. Каково назначение элементов тракта звуковой частоты передатчика?
5. Какой тип синтезатора частоты используется в приемопередатчике? Запишите уравнение синтеза частот и найдите значения коэффициентов деления ДПКД для рабочей частоты 16 канала как для режима передачи, так и для режима приема.
6. Каким способом обеспечивается в передатчике режим пониженной мощности и защита транзисторов выходного усилителя мощности от перегрузки?
7. Каким образом обеспечивается совместная работа передатчика и приемника на общую антенну?
8. Какой тип приемника используется в приемопередатчике? Каковы частотный план приемника и его особенности?
9. Каковы особенности схемотехники главного тракта приема приемника?
10. Поясните особенности детектирования радиосигналов с фазовой модуляцией в

частном тракте приема. Какие функции выполняют параллельный колебательный контур и интегратор?

11. Каковы особенности построения и работы шумоподавителя приемника приемопередатчика?
12. Каков тип вахтенного приемника ЦИВ и его частотный план? Чем он отличается от приемника приемопередатчика?
13. Поясните особенности работы радиоустановки при передаче и приеме речевых сообщений и сообщений ЦИВ.
14. Какие функции выполняет FSK-модем при работе в системе ЦИВ?

### **Лабораторная работа № 7 «Изучение радиостанции FS – 1562 ПВ/КВ-радиоустановки ГМССБ фирмы FURUNO» (Япония)**

**Цель работы:** изучить назначение, основные технические данные, состав, особенности построения и работы радиостанции и ее элементов.

#### **Лабораторное задание:**

1. Изучить назначение, технические данные, состав и особенности конструкции элементов радиостанции FS-1562.
2. Изучить особенности функциональной электрической схемы передатчика радиостанции, способов формирования радиосигналов, синтеза частот и усиления мощности радиосигналов.
3. Изучить особенности функциональной схемы приемника радиостанции, его частотного плана, схемотехники главного и частного трактов приема.
4. Изучить принципы построения и работы блока усиления мощности типа РА-2500.
5. Изучить особенности схемотехники и принцип работы антенного согласующего устройства типа АТ-1560.
6. Изучить назначение органов управления и контроля, особенности технической эксплуатации радиостанции.

#### **Контрольные вопросы:**

1. К какой подсистеме связи ГМССБ относится радиостанция FS-1562?
2. Каковы назначение, основные технические данные, состав и особенности конструкции радиостанции?
3. Пользуясь структурной схемой, поясните принципы построения и работы передатчика радиостанции.
4. Какого типа используется возбудитель передатчика? Каков его частотный план?
5. Каким способом осуществляется формирование радиосигналов с однополосной амплитудной модуляцией?
6. Каковы особенности работы формирователя радиосигналов для классов излучения J3E, H3E и J2B?
7. Какова схемотехника блоков усиления мощности и фильтров гармоник передатчика?
8. Что представляет собой блок РА-2500, каковы его технические данные и схемотехника?
9. Какой тип приемника используется в радиостанции? Каков его частотный план? Почему он обратен частотному плану передатчика?
10. Каковы особенности схемотехники главного и частного тракта приема?
11. Каков принцип построения и работы подавителя импульсных помех (NB-Noise blanker) в приемнике?



12. Что представляет собой блок синтеза частот радиостанции? Каковы уравнения синтеза частот гетеродинов?
13. Приведите пример синтеза частот 1-го гетеродина при работе приемника радиостанции на частоте 12875,36 кгц.
14. Каковы основные технические данные, принцип построения и работы антенного согласующего устройства типа АТ-1560?
15. Поясните особенности работы радиостанции при передаче и приеме речевых сообщений, сообщений ЦИВ и УБПЧ.

### **Лабораторная работа № 8 «Изучение структуры сетей электросвязи и ее компонент»**

**Цель работы:** изучение принципов построения и работы телекоммуникационных сетей.

#### **Лабораторное задание:**

1. Смоделировать структуру сети электросвязи при заданном числе конечных пунктов, сетевых станций и узлов коммутации.
2. Изобразить возможные топологические структуры заданной телекоммуникационной сети.
3. Смоделируйте возможные способы оперативной коммутации между двумя конечными пунктами.
- 4.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определения сети электросвязи, телекоммуникационной сети.
2. Какие основные элементы входят в структуру первичной сети электросвязи? Поясните их назначение.
3. Классифицируйте сети электросвязи по различным признакам.
4. Какие существуют методы коммуникации в сетях электросвязи? Поясните их сущность.
5. Какой смысл имеют физическая, логическая и топологическая структура сетей электросвязи?
6. Приведите примеры графов, описывающих различные топологические структуры сетей электросвязи.

### **3.3 Контрольная работа**

По заочной форме обучения предусмотрены две контрольные работы, содержащие ряд задач по различным разделам рабочей программы дисциплины. Описание задач и рекомендации по выполнению контрольных работ приводятся в методических указаниях и контрольных заданиях по дисциплине «Системы связи и телекоммуникации», изданных в издательстве БГАРФ в 2017 г., объемом 6,1 п.л. (авторы Волхонская Е.В., Коротей Е.В., Грошев Г.А., Юшкевич Н.Ф.).

### **3.4 Курсовая работа**

Курсовая работа выполняется в 8 семестре и посвящена анализу построения и функционирования заданной системы связи, а также ее элементов.

Темы курсовой работы индивидуальны для каждого курсанта (студента). В качестве примера приводится список возможных тем:

1. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ).

2. Международная система спутниковой радиосвязи ИНМАРСАТ.
3. Космическая система поиска аварийных судов и самолетов КОСПАС-SARSAT.
4. Служба навигационных предупреждений НАВТЕКС.
5. Система наземной морской радиосвязи в УКВ диапазоне.
6. Система наземной морской радиосвязи в ПВ/КВ диапазонах.
7. Система цифрового избирательного вызова в УКВ и ПВ/КВ диапазонах.
8. УКВ-радиостановки ГМССБ.
9. ПВ/КВ-радиостановки ГМССБ.
10. Судовые земные станции международной системы связи стандарта ИНМАРСАТ-С.
11. Радиорелейные системы связи прямой видимости.
12. Тропосферные радиорелейные системы связи.
13. Спутниковые системы радиосвязи.
14. Спутниковые системы телевидения и радиовещания.
15. Системы волоконно-оптической связи.
16. Системы мобильной связи стандарта GSM.
17. Информационно-вычислительные сети.
18. Системы стационарной телефонной связи.
19. Системы наземной радиосвязи в дециметровом диапазоне радиоволн.
20. Береговой радиоканал системы наземной морской радиосвязи СВ/ПВ/КВ диапазонов.

Курсовая работа предполагает описание назначения принципов построения и работы, основных технических характеристик, свойств применяемых сигналов, применяемых видов модуляции/демодуляции, кодирования/декодирования; особенностей структурных схем элементов системы связи.

### **3.5 Тематика работ на самостоятельную проработку курсанту/студенту и их содержательная часть указана в таблицах 8.1 и 8.2 РПД.**

#### **3.5.1 Типовые задания для самоконтроля перед промежуточной аттестацией по дисциплине.**

1. Для звуковых сообщений информационным параметром является:
  - мгновенное значение звукового давления;
  - коэффициент отражения;
  - яркость свечения участков экрана;
  - плотность потока мощности электромагнитной волны.
2. Уровни передачи называются абсолютными, если исходные величины при определении уровней имеют следующие значения:
  - полная мощность  $P_0=10$  мВА;
  - активная мощность  $P_0=10$  мВт;
  - действующее значение напряжения  $U_0=0,775$  В;
  - действующее значение тока  $I_0=1,29$  мкА
3. Абсолютные уровни передачи по мощности, току и напряжению совпадают, если определяются при сопротивлении:
  - $R=600$  Ом;

- $R=1 \text{ кОм}$ ;
  - $R=1 \text{ Ом}$ ;
  - $R=1 \text{ МОм}$
4. Канал передачи в общем виде представляет собой:
- последовательное соединение активных четырехполюсников;
  - параллельное соединение пассивных и активных четырехполюсников;
  - каскадное соединение пассивных и активных четырехполюсников;
  - последовательно-параллельное соединение активных четырехполюсников.
5. Остаточное затухание канала передачи равно:
- разности между суммой всех рабочих затуханий, имеющих в канале, и суммой всех рабочих усиления;
  - сумме всех рабочих усиления и всех рабочих затуханий, имеющих в канале;
  - частному от деления рабочего затухания и рабочего усиления канала;
  - нормированному допустимому уровню помех в канале передачи.
6. На указателях уровней указывают:
- напряжение, которому соответствует нулевая отметка шкалы;
  - величину активного сопротивления  $R$ , на котором выделяется мощность соответствующая 1 мВт;
  - ток, которому соответствует нулевая отметка шкалы;
  - величину реактивного сопротивления  $X$ , на котором выделяется мощность соответствующая 1 ВАР.
7. Под длительностью первичного сигнала понимают:
- период первичного сигнала;
  - интервал времени, в пределах которого передается 90% информации;
  - длительность единичной посылки при передаче цифрового сигнала;
  - интервал времени, в пределах которого сигнал существует.
8. Динамический диапазон сигнала определяется как:
- разность максимальной и минимальной мощностей сигнала;
  - превышение максимальной мощности сигнала его средней мощности;
  - отношение максимальной и минимальной мощностей сигнала;
  - мощность эквивалентного синусоидального сигнала с амплитудой  $U_m$ , которая превышает мгновенным значением переменной составляющей сигнала  $U(t)$  с определенной вероятностью, которая обычно равна  $1-\varepsilon \approx 0,98$ .
9. Эффективно передаваемая полоса частот сигнала представляет собой:
- диапазон частот, в пределах которого сосредоточено не менее 90 % энергии сигнала;

- диапазон частот, в пределах которого сосредоточено не менее 50 % энергии сигнала;
  - разность максимальной и минимальной частот спектра первичного сигнала, устанавливаемых экспериментально, исходя из требований качества передачи для конкретного вида первичных сигналов;
  - половину ширины спектра первичного сигнала.
10. Под тактовой частотой первичных сигналов телеграфии и передачи данных понимается:
- величина, обратная скважности сигнала;
  - величина, обратная периоду сигнала;
  - величина, численно равная скорости передачи в бодах.
  - величина, обратная длительности одного импульса сигнала.
11. Сигнал может быть передан по каналу, если емкость канала:
- не менее объема сигнала;
  - меньше объема сигнала;
  - длительность сигнала превышает время, в течение которого канал предоставлен для передачи сигналов или сообщений
  - эффективно передаваемая полоса частот канала больше эффективно передаваемой полосы частот сигнала.
12. Под амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) канала понимают:
- зависимость остаточного затухания от частоты при постоянном уровне сигнала на входе канала;
  - зависимость остаточного усиления от частоты при постоянном уровне сигнала на входе канала;
  - зависимость амплитуды передаваемого сигнала на выходе канала от частоты при переменном уровне сигнала на входе канала;
  - зависимость интенсивности помех от частоты при отсутствии полезного сигнала на входе канала.
13. Частотная характеристика группового времени запаздывания (ГВЗ) определяется:
- интегрированием фазочастотной характеристики канала;
  - дифференцированием фазочастотной характеристики канала;
  - интегрированием АЧХ канала;
  - дифференцированием АЧХ канала.
14. Отсутствие линейных искажений в канале характеризуется:
- переменными коэффициентом передачи, остаточным затуханием, ГВЗ и линейностью ФЧХ во всем диапазоне частот;
  - постоянными коэффициентом передачи, остаточным затуханием, ГВЗ и нелинейностью ФЧХ во всем диапазоне частот;
  - постоянными коэффициентом передачи, остаточным затуханием, ГВЗ и линейностью ФЧХ во всем диапазоне частот;

- нелинейностью коэффициента передачи, остаточного затухания, ГВЗ и линейностью ФЧХ во всем диапазоне частот.

15. Коэффициентом ошибки называют:

- отношение числа элементов цифрового сигнала, принятых с ошибками к общему числу элементов сигнала, переданных в течение времени измерения;
- отношение числа элементов цифрового сигнала, принятых правильно к числу элементов сигнала, принятых с ошибкой;
- отношение числа элементов цифрового сигнала, принятых с ошибками к числу элементов сигнала, принятых правильно;
- отношение числа элементов цифрового сигнала, принятых безошибочно к общему числу элементов сигнала, переданных в течение времени измерения.

16. В линейных методах разделения сигналов используется преобразование первичных сигналов в каналные за счет:

- модуляции параметров сигнала-переносчика;
- модуляции параметров первичного сигнала;
- умножения первичного, медленно меняющегося со временем, сигнала на сигнал-переносчик
- деления первичного, медленно меняющегося со временем, сигнала на сигнал-переносчик.

## **3.6 Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств**

Изучение дисциплины «Системы связи и телекоммуникаций» сопровождается рейтинговой системой контроля знаний обучающихся.

### **3.6.1 Методика подготовки и проведения занятий**

Основными видами учебных занятий по дисциплине являются: лекции, лабораторные и практические занятия.

В ходе изучения дисциплины предусматривается применение эффективных методик обучения, которые предполагают постановку вопросов проблемного характера с разрешением их, как непосредственно в ходе занятий, так и в ходе самостоятельной работы.

Для очной формы обучения изучение разделов 3,5,6,7,8,9,10,12 сопровождается лабораторными занятиями, разделов 1,3,4,5 - практическими занятиями, в ходе которых происходит закрепление теоретических знаний, формирование и совершенствование умений, навыков и компетенций.

Лабораторные занятия проводятся в седьмом семестре фронтальным методом в компьютерном классе №403 УК-2. Проведение виртуальных лабораторных работ обеспечивает подтверждение результатами модельных экспериментов теоретического материала, рассматриваемого в дисциплине.

Лабораторные занятия проводятся в восьмом семестре методом циклического сдвига в специализированных лабораториях № 319 и 321. Лабораторные работы имеют своей целью изучить назначение, технические данные, состав и особенности конструкции, особенности функциональной электрической схемы передающего и приемного трактов, а также назначение органов управления и контроля, особенности технической эксплуатации судового радиооборудования различного назначения.

Перед началом занятий преподаватель проводит инструктаж по технике электробезопасности и пожарной безопасности.

Практические занятия проводятся с целью приобретения обучающимися умений и навыков, необходимых в практической деятельности.

В ходе практических занятий обучающиеся приобретают навыки по оценке информационных показателей каналов связи и параметров радиосигналов различных форматов, расчету параметров развязывающих устройств, навыки помехоустойчивого кодирования и т.п., учатся анализировать полученные результаты и выявлять причинно-следственные связи, что в последующем поможет более эффективно осваивать навыки работы со специальными радиотехническими системами.

Формирование знаний обучающихся, по основам построения систем связи и телекоммуникаций, обеспечивается проведением лекционных занятий в течение седьмого и восьмого семестров обучения. Закрепление теоретических знаний и приобретение умений, навыков и формирование компетенций осуществляется в ходе лабораторных и практических занятий в седьмом и восьмом семестрах обучения.

Отдельным разделом дисциплины является курсовая работа, которая направлена на привитие навыков системного анализа принципов построения и работы различных систем связи.

Контроль знаний в ходе изучения дисциплины осуществляется в виде текущих и рубежного контролей, а также промежуточной аттестации в форме зачета и итоговой аттестации в форме экзамена.

Текущий и рубежный контроли предназначены для проверки хода и качества усвоения курсантами/студентами учебного материала и стимулирования учебной работы курсантов/студентов. Они могут осуществляться в ходе всех видов занятий в форме, избранной преподавателем или предусмотренной рабочей программой дисциплины.

Текущий и рубежный контроли предполагают постоянный контроль преподавателем качества усвоения учебного материала, активизацию учебной деятельности курсантов/студентов на занятиях, побуждение их к самостоятельной систематической работе. Он необходим курсантам/студентам для самоконтроля на разных этапах обучения. Их результаты учитываются выставлением оценок в ходе текущей аттестации.

Практически на всех занятиях может применяться выборочный контроль, который имеет целью убедиться, в какой степени усвоен материал курсантами/студентами.

Преподавателем в ходе лекций, проведения практических занятий проверяется, как правило, качество ведения конспектов.

К экзамену допускаются курсанты/студенты, имеющие по всем текущим и рубежному контролю за учебный семестр положительные оценки.

Билет содержит два теоретических вопроса из тематики разделов по всей дисциплине, и один практический вопрос (задачу).

Выбор теоретических вопросов и содержание решаемой практической задачи осуществляется из принципа равной сложности всех билетов и наибольшего охвата каждым билетом учебного материала.

Подготовка к экзамену ведется по конспекту лекций, рекомендуемым к изучению в начале курса учебникам и учебным пособиям. В ходе подготовки к экзамену преподаватель проводит консультацию, на которой доводится порядок проведения экзамена и даются ответы на вопросы, вызвавшие наибольшие затруднения у курсантов в процессе подготовки.

Экзамен проводится в день, указанный в расписании занятий.

Курсант/студент, прибывший для сдачи экзамена, докладывает экзаменатору, принимающему экзамен, сдает ему зачетную книжку, получает билет на бланке установленной формы и занимает указанное ему место для подготовки. После получения билета в течение 45 минут курсант/студент имеет право готовиться к ответу. На ответ по билету отводится до 15 минут.

Готовясь к ответу, курсант/студент обязан все доказательства, формулы, принципиальные схемы, графики и т.д. записывать и изображать на полученном листе так, чтобы по письменным записям можно было бы оценить уровень знаний без устных пояснений.

После ответа на теоретические вопросы курсант/студент излагает методы и ход решения экзаменационной задачи и приводит результат решения.

Ответ курсанта/студента должен быть четким, конкретным и кратким. Об окончании ответа на вопрос аттестуемый докладывает. После ответа преподаватель задает вопросы, помогающие ему выявить ход мыслей курсанта/студента, логику его рассуждений и способность применять полученные знания в практической деятельности. Если требуется уточнить оценку или степень знаний курсанта/студента по тому или иному вопросу, задаются дополнительные вопросы.

Во время экзамена должна соблюдаться дисциплина и порядок, разговоры курсантов/студентов между собой не допускаются. Если во время экзамена у экзаменуемого возникает необходимость обратиться к преподавателю, то курсант /студент поднимает руку и просит подойти к нему преподавателя. Кроме авторучки, калькулятора, билета и бланка для ответа на столе не должно быть ничего. Пользоваться конспектами, учебниками, учебными пособиями и иными дополнительными материалами, раскрывающими содержание вопросов, не разрешается.

Курсантам/студентам, пользующимся на экзамене материалами, различного рода записями, техническими средствами, неуказанными в перечне разрешенных, выставляется оценка «неудовлетворительно».

Знания, умения и навыки курсантов/студентов определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Общая оценка объявляется курсанту/студенту сразу после окончания его ответа на экзамене. Положительная оценка

(«отлично», «хорошо», «удовлетворительно») заносится в ведомость и зачетную книжку. Оценка «неудовлетворительно» выставляется только в ведомость.

### 3.6.2 Система контроля знаний

Рейтинговая система контроля и оценки знаний обучающихся – это комплекс учебных, организационных и методических мероприятий, направленных на обеспечение систематической творческой работы курсантов/студентов, повышение самостоятельности и самостоятельности учебы. Она обеспечивает реализацию принципов обратной связи в процессе учебы и включает в себя:

1. Схему контрольных мероприятий;
2. Критерии оценки знаний, умений и навыков.

Максимальное количество баллов (рейтинг), которое может получить курсант, определяется количеством часов, отводимых на изучение данной дисциплины – 396. Из них: в седьмом семестре – 180; в восьмом семестре – 216.

Схема контрольных мероприятий в седьмом семестре приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Схема контрольных мероприятий в седьмом семестре

Вид контрольного мероприятия	Этапы контрольных мероприятий					
	ТК1*	ТК2	ТК3	РК	ПА	Итого
Самостоятельная работа	-	-	-	63	-	63
Экзамен	-	-	-	-	27	27
Лабораторные работы	20	20	20	-	-	60
Посещение занятий	5	5	5	-	-	15
Компонент своевременности	5	5	5	-	-	15
Итого	30	30	30	63	27	180

\*ТК – текущий контроль, включающий выполнение и защиту лабораторных работ (ТК1-ТК3); РК – рубежный контроль, включающий проработку тем для самостоятельного изучения с представлением конспектов; ПА – промежуточная аттестация по ОП, включающая сдачу экзамена по дисциплине.

В таблице 2 представлено соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале, выставляемых за каждый этап контрольного мероприятия.

Таблица 2 - соответствие рейтинговых баллов и оценки по 4-х балльной шкале

Оценка	Этапы контрольных мероприятий					
	ТК1	ТК2	ТК3	РК	Итого до ПА	ПА
неудовлетворительно	0-17	0-17	0-17	0-15	0-66	0-16
удовлетворительно	18-20	18-20	18-20	16-31	70-91	17-19
хорошо	21-26	21-26	21-26	32-47	95-125	20-24
отлично	27-30	27-30	27-30	48-63	129-153	25-27

#### Критерии выставления оценок за лабораторные работы:

Оценка «отлично» выставляется, если курсант/студент своевременно выполнил лабораторную работу, оформил отчет без замечаний, при защите лабораторной работы показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант/студент своевременно выполнил лабораторную работу, оформил отчет с мелкими замечаниями, при защите лабораторной



работы показал твердые знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант/студент своевременно выполнил лабораторную работу, оформил отчет с существенными замечаниями, при защите лабораторной работы показал знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант/студент своевременно не выполнил лабораторную работу, не представил на проверку отчет о ее выполнении, допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

#### **Критерии выставления оценок за курсовую работу:**

Оценка «отлично» выставляется, если курсант/студент свободно увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями, легко ориентируется в написанном им тексте, работа оформлена технически грамотно.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант/студент может обосновать применённые способы решения задач, но может допускать мелкие ошибки, свободно понимает, как их можно исправить, работа оформлена в основном технически грамотно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант/студент увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями посредством наводящих вопросов, иногда с затруднениями понимает, как можно исправить мелкие ошибки, имеются погрешности в оформлении работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если выясняется, что курсант/студент выполнил курсовую работу формально, без понимания принципов решения поставленных задач, не ориентируется в написанном им тексте, при защите не понимает, как исправить допущенные ошибки.

#### **Критерии выставления оценок за экзамен:**

Оценка «отлично» выставляется, если курсант/студент показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач.

Оценка «хорошо» выставляется, если курсант/студент твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсант/студент имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсант/студент допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

Итоговая оценка за экзамен выводится по частным оценкам как среднее арифметическое с округлением в меньшую или большую сторону в зависимости от дробной части.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА в семестре, соответствует категории «отлично», то курсант/студент может быть освобожден от сдачи экзамена с выставлением ему оценки «отлично».

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА в семестре, соответствует категории «хорошо», то курсант/студент может быть освобожден от сдачи экзамена с выставлением ему оценки «хорошо», либо курсант/студент проходит ПА с целью повышения оценки до

«отлично».

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА в семестре, соответствует категории «удовлетворительно», то курсант/студент проходит ПА на общих основаниях.

Если суммарный рейтинговый балл, набранный курсантом/студентом за этапы контрольных мероприятий, предшествующих ПА в семестре, соответствует категории «неудовлетворительно», то курсант/студент проходит ПА на следующих основаниях:

1) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту /студенту выставляется оценка «удовлетворительно», если курсант/студент дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет неудовлетворительную оценку;

2) при условии положительного результата прохождения ПА курсанту /студенту выставляется оценка «хорошо» или «отлично», если курсант/студент дополнительно дает ответы соответствующего уровня на контрольные вопросы и задания по тем этапам контроля, по которым имеет оценку «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

#### **4 Перечень типовых экзаменационных вопросов по дисциплине «Системы связи и телекоммуникаций»**

##### **7 семестр:**

1. Понятие связи и системы электросвязи. Классификация систем электросвязи.
2. Уровни передачи по току, напряжению и мощности (абсолютные и измерительные). Единицы измерения. Понятия рабочих усиления и затухания, остаточного затухания.
3. Первичные сигналы электросвязи и их физические характеристики. Классификация первичных сигналов.
4. Каналы передачи и их характеристики. Классификация каналов передачи.
5. Типовые каналы передачи. Канал тональной частоты. Канал звукового вещания.
6. Типовые каналы передачи. Канал изображения. Широкополосные и цифровые каналы.
7. Принципы построения двусторонних каналов связи.
8. Понятие и назначение развязывающего устройства. Классификация развязывающих устройств. Резисторная дифференциальная система (РДС).
9. Понятие и назначение развязывающего устройства. Классификация развязывающих устройств. Трансформаторная дифференциальная система (ТДС).
10. Устойчивость двустороннего канала связи.
11. Искажения от обратной связи. Явление электрического эха.
12. Принципы построения многоканальной системы передачи (МСП).
13. Методы разделения канальных сигналов.
14. МСП с частотным разделением каналов. Передача двух боковых полос и несущей.
15. МСП с частотным разделением каналов. Передача двух боковых полос без несущей.
16. МСП с частотным разделением каналов. Передача одной боковой полосы (ОБП) с несущей и без нее.
17. МСП с частотным разделением каналов. Квадратурные искажения.
18. Методы формирования ОБП сигналов. Фильтровый метод.
19. Методы формирования ОБП сигналов. Фазоразностный метод.
20. Структурная схема системы передачи с временным разделением каналов. Принципы формирования канальных сигналов.
21. Формирование канальных сигналов с помощью амплитудно-импульсной модуляции.

22. Формирование канальных сигналов с помощью широтно-импульсной модуляции.
23. Формирование канальных сигналов на основе фазоимпульсной модуляции.
24. Выбор вида импульсной модуляции для построения систем передачи с временным разделением каналов. Помехоустойчивость амплитудно-импульсной модуляции.
25. Помехоустойчивость широтно-импульсной и фазоимпульсной модуляций.
26. Переходные влияния между каналами систем передачи с временным разделением каналов. Оценка переходных помех.
27. Обобщенная структурная схема системы передачи с временным разделением каналов на основе фазоимпульсной модуляции.
28. Квантование сигналов по уровню.
29. Оценка шумов квантования с равномерным шагом квантования.
30. Оценка шумов квантования с неравномерным шагом.
31. Кодирование квантованных сигналов.
32. Обобщенная структурная схема цифровой системы передачи.
33. Виды синхронизации в цифровых системах передачи.
34. Принципы регенерации цифровых сигналов.
35. Линейное кодирование в ЦСП.
36. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция.
37. Дельта-модуляция.
38. Иерархия цифровых систем передачи на основе ИКМ.
39. Объединение цифровых потоков в плезиохронной цифровой иерархии.
40. Объединение цифровых потоков в синхронной цифровой иерархии.

#### **8 семестр:**

1. Классификация систем связи и телекоммуникаций. Общие принципы построения и работы систем радиосвязи. Обобщенная структурная схема многоканальной системы радиосвязи.
2. Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ). Назначение, состав, принципы работы.
3. Общие принципы организации радиосвязи. Понятие радиоканала, радиолинии. Структурные схемы систем односторонней и двухсторонней радиосвязи. Режим работы радиостанций при двусторонней радиосвязи.
4. Принципы построения и работы радиосетей при сложной симплексной и дуплексной радиосвязи.
5. Обобщенные структурные схемы радицентра крупного промышленного региона и ретранслятора (назначение элементов, частотные планы, принцип работы).
6. Общие принципы построения и работы радиорелейных линий (РРЛ) связи прямой видимости. Классификация РРЛ.
7. Принципы многоствольной передачи в РРЛ. Структурная схема четырехствольной РРЛ (назначение элементов, принципы работы).
8. Принципы расположения станций РРЛ прямой видимости и выбора частотных планов РРЛ с целью обеспечения развязки между станциями.
9. Виды модуляции радиосигналов с частотной модуляцией.
10. Виды манипуляции в цифровых радиотехнических системах передачи информации. Необходимая ширина полосы излучения радиосигналов с различными видами манипуляции.
11. Структурные схемы радиоствола промежуточной радиорелейной станции при разных способах ретрансляции (назначение элементов, принципов работы). Примеры основных параметров аналоговых и цифровых РРЛ.
12. Особенности дальнего тропосферного распространения УКВ и принципы построения радиорелейных систем связи.
13. Упрощенная структурная схема оконечной радиорелейной станции тропосферной

- связи при счетверенном приеме (назначение элементов, принцип работы).
14. Особенности приемной части радиорелейной станции тропосферной связи (РСТС) при линейном сложении радиосигналов на промежуточной частоте. Типовая структурная схема передатчика РСТС (назначение элементов, принцип работы).
  15. Принципы построения спутниковых систем радиосвязи (ССРС). Классификация ССРС. Типы орбит ИСЗ (искусственный спутник земли). Обобщенная структурная схема ССРС через ИСЗ. (назначение элементов, принципы работы). Особенности ССРС с несколькими ИСЗ. Параметры ССРС «Иридиум». Диапазоны частот, выделенные для ССРС.
  16. Международные спутниковые системы связи ИНМАРСАТ и Коспас-Sarsat. Назначение, основные данные, состав, принципы работы.
  17. Передающие устройства земных станций ССРС. Структурные схемы передающих устройств аппаратуры «Градиент» и СЗС типа Felcom 11 (назначение элементов, принципы работы).
  18. Приемные устройства земных станций ССРС. Структурные схемы приемных устройств «Орбита» и СЗС типа Felcom 11 (назначение элементов, принципы работы). Особенности антенных устройств ССРС.
  19. Требования, предъявляемые к бортовой приемопередающей аппаратуре ИСЗ. Структурная схема приемопередающих аппаратуры ретранслятора ССРС «Молния-1» (назначение элементов, принцип работы, основные параметры).
  20. Структурная схема ретранслятора ССРС «Интелсат-IV» (назначение элементов, принцип работы, основные параметры).
  21. Особенности распространения КВ. Основные параметры ионосферных систем радиосвязи и принципы их построения.
  22. Структурные схемы систем ионосферной радиосвязи с ретранслятором и без ретранслятора (на примере системы морской радиосвязи) (назначение элементов, принципы работы).
  23. Особенности оптического диапазона электромагнитного излучения. Классификация оптических систем связи (ОСС). Типы ОСС. Достоинства и недостатки ОСС.
  24. Общие принципы построения ОСС. Обобщенные структурные схемы ОСС без ретрансляции и с ретрансляцией сигналов (назначение элементов, принципы работы).
  25. Классификация волоконно-оптических систем передачи (ВОСП). Способы организации двухсторонней связи в ВОСП. Структурные схемы ВОСП двухсторонней многоканальной связи (назначение элементов, принцип работы).
  26. Методы уплотнения оптического волокна в ВОСП. Структурные схемы односторонней ВОСП при спектральном и частотном (гетеродинном) уплотнении каналов.
  27. Цифровые ВОСП с временным уплотнением каналов. Структурные схемы односторонней ВОСП с временным уплотнением на уровне электрических сигналов и на уровне оптических сигналов (назначение элементов, принципы работы).
  28. Основные узлы ВОСП. Оптические передатчики, приемники и модуляторы (структурные схемы, назначение и характеристики элементов, принципы работы).
  29. Основные понятия, относящиеся к телекоммуникационным сетям и сетям электросвязи. Компоненты сетей связи. Общие принципы построения сетей связи и назначение их элементов. Классификация сетей электросвязи.
  30. Методы коммутации в сетях электросвязи (принципы, достоинства, недостатки, области применения).
  31. Структура сетей электросвязи. Основные топологии сетей электросвязи. Примеры топологии реальных сетей электросвязи.

32. Принципы построения единой сети электросвязи Российской Федерации (РФ). Взаимосвязь между сетями связи. Принципы организационно-технического единства между сетями связи. Архитектура взаимоувязанной сети связи РФ. Структура первичной сети электросвязи.
33. Радиостанция «Ангара-РБ», назначение, состав, основные ТТД, структурная схема, назначение элементов.
34. Передатчик РСТ «Ангара-РБ», основные ТТД. Особенности формирования радиосигналов. Частотный план. Схемотехника усилителя мощности (УВЧ).
35. Приемник РСТ «Ангара-РБ». Основные ТТД. Частотный план, особенности главного и частного приема.
36. Автоматическое согласующее устройство РСТ «Ангара-РБ». Назначение, основные ТТД. Структурная схема. Принцип работы.
37. Синтезаторы частот передатчика и приемника РСТ «Ангара-РБ». Структурные схемы. Принцип работы. Уравнения синтеза частот.
38. УКВ-радиоустановка ГМССБ FM-8500. Назначение, основные ТТД, структурная схема, назначение элементов.
39. Передатчик УКВ-радиоустановки FM-8500. Основные ТТД, структурная схема. Особенности формирования радиосигнала, синтеза частот, тракта усиления мощности.
40. Приемники УКВ-радиоустановки FM-8500. Основные ТТД. Назначение. Структурные схемы. Частотные планы. Особенности детектирования радиосигналов и работы шумоподавителя.
41. Радиостанция FS-1562. Назначение, состав, основные ТТД, структурная схема. Назначение элементов.
42. Передатчик РСТ FS-1562. Основные ТТД. Особенности формирования радиосигналов. Частотный план. Схемотехника усилителя мощности.
43. Блок усиления мощности РА-2500 РСТ FS-1562-25. Назначение, основные ТТД. Структурная схема. Особенности схемотехники усилительного модуля.
44. Приемник РСТ FS-1562. Основные ТТД. Частотный план. Структурная схема. Особенности главного и частного трактов приема.
45. Антенное согласующее устройство АТ-1560 РСТ FS-1562. Назначение. Основные ТТД. Структурная схема. Принцип работы. Особенности схемотехники и схемы согласования.
46. Судовая земная станция (СЗС) системы «Инмарсат-С» FELCOM 11. Назначение. Основные ТТД. Структурные схемы антенного и связного блоков и принципы их работы.
47. Передатчик СЗС FELCOM 11. Основные ТТД. Частотный план. Особенности формирования поднесущей и радиосигнала.
48. Приемник СЗС FELCOM 11. Особенности ТТД. Частотный план. Особенности детектирования радиосигнала.
49. ПВ/КВ-радиоустановка IC-M802. Назначение, основные ТТД, состав, частотные планы передатчика и приемника. Структурные схемы передатчика и приемника.
50. Радиорелейная станция PASOLINK NEO. Назначение, основные ТТД, структурная схема, частотные планы передатчика и приемника.



## 5 Формат сведений о ФОС и ее согласовании

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине представляет собой приложение к рабочей программе дисциплины

### «Системы связи и телекоммуникаций»

(наименование дисциплины)

образовательной программы специалитета по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» и специализациям 25.05.03 «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота», 25.05.03 «Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита» и соответствует учебному плану, утвержденному 31 января 2018 г. и действующему для курсантов (студентов), принятых на первый курс, начиная с 2013 года.

Автор (ы) фонда – Волхонская Е.В., Грошев Г.А. 

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры судовых радиотехнических систем  
(протокол № 9 от 18 июня 2018 г.)

Заведующий кафедрой  /Е.В. Волхонская/

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании методической комиссии радиотехнического факультета  
(протокол № 6 от 27 июня 2018 г.)

Председатель методической комиссии  /А.Г. Жестовский/

Согласовано  
начальник отдела  
мониторинга и контроля  /Ю.В. Борисевич/