



А. А. Ильин

---

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ,  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
СИСТЕМЫ «ИНМАРСАТ-В»  
ДЛЯ СВЯЗИ  
С ПОДВИЖНЫМИ  
ОБЪЕКТАМИ

---

Санкт-Петербург

2004

Министерство транспорта Российской Федерации



Федеральное государственное образовательное учреждение

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ**

**имени адмирала С.О. Макарова**

КАФЕДРА РАДИОСВЯЗИ НА МОРСКОМ ФЛОТЕ

**А.А. Ильин**

**ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ИНМАРСАТ-В»  
ДЛЯ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Учебное пособие

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию  
в области эксплуатации водного транспорта в качестве учебного пособия  
для курсантов (студентов) по специальности 201300  
«Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»  
в вузах водного транспорта*

Санкт-Петербург

2004

**Ильин А.А.**

И46 Основы организации, функционирования и использования системы «Инмарсат-В» для связи с подвижными объектами: Учеб. пособие. – СПб.: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2004. – 80 с.

В учебном пособии по дисциплинам «Системы связи» и «Средства связи с подвижными объектами» рассмотрены основы построения системы и идентификация ее элементов, распределение частот и каналообразование, характеристики и форматы каналов, энергетика линий связи, методы модуляции и множественный доступ, принципы цифровой передачи речи, особенности помехозащищенного кодирования и скремблирование, сигнализация и некоторые вспомогательные функции. Излагаются основы организации телефонных и телексных соединений, ПД и факсимильных сообщений, а также принципы осуществления групповых вызовов и вызовов по бедствию.

Предназначено для курсантов и студентов 4- и 5-го курсов, обучающихся по специальности 201300 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» (специализации «Международные информационные и телекоммуникационные системы на транспорте» и «Радиосвязь и электрорадионавигация морского флота»). Пособие может быть полезным для студентов заочного обучения радиотехнического, судоводительского и арктического факультетов и аспирантов, изучающих системы радиосвязи и вопросы их использования в ГМССБ, диспетчерской и коммерческой радиосвязи.

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области эксплуатации водного транспорта в качестве учебного пособия для курсантов (студентов) по специальности 201300 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» в вузах водного транспорта. Выписка из протокола № 30 от 20 – 21 ноября 2002 г.

Рецензенты:

Венскаускас К.К., канд. техн. наук, ст. науч. сотр. (ЗАО ЦНИИМФ);

Рябышкин В.Н., канд. техн. наук, доц. (Государственная морская академия имени адмирала С.О. Макарова).



© ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2004.

## Введение

«Инмарсат-А» – первая система из внедренных в ГМССБ, представляющая с 1982 г. оригинальные аналоговые услуги через спутники «Инмарсат» второго и третьего поколения. Последняя процедура утверждения типа СЗС «Инмарсат-А» была осуществлена в 1991 г.

Количество терминалов «Инмарсат-А» на судах резко падает и несмотря на возможности использования их в ГМССБ, они менее эффективны, чем цифровые терминалы стандартов В, С, мини-С, М, мини-М и Флот 77/55/33. Чтобы способствовать более эффективному использованию спектра и кодов стран (океанских районов), рекомендованных МСЭ, Inmarsat Ltd. планирует в ближайшее время запустить спутники четвертого поколения, которые не предназначены для обеспечения служб «Инмарсат-А».

В этой связи Комитет по безопасности на море (КБМ) на своей 76-й сессии (20 – 13 декабря 2002 г.) огласил информацию, представленную International Mobile Satellite Organization (IMSO) о запланированном Inmarsat Ltd. отзыве с 31 декабря 2007 г. услуг «Инмарсат-А». Подкомитет по радиосвязи, поиску и спасанию (COMSAR) на своей 77-й сессии (1 – 17 января 2003 г.) утвердил предложение Инмарсат, а КБМ на своей 77-й сессии (28 мая – 6 июня 2003 г.) – предложенное COMSAR 7 разъяснение (в виде приложения) о будущем отзыве с 31 декабря 2007 г. услуг «Инмарсат-А» организацией Inmarsat Ltd. Представители правительств были приглашены для того, чтобы получить предлагаемую информацию для ознакомления всех заинтересованных сторон (см. [www.inmarsat.com](http://www.inmarsat.com)).

Являясь одной из самых сложных, система «Инмарсат-В» предназначена в качестве замены имевшей большой успех системы «Инмарсат-А», однако обе системы будут продолжать параллельное существование еще несколько лет. Основные принципы построения и функционирования «Инмарсат-В» являются основополагающими для всех последующих систем «Инмарсат» (М/мини-М, С/мини-С и Флот 77/55/33), которые обладают многими общими чертами и являются взаимоприемлемыми.

В таблице (с. 4) для сравнения приведены основные потребительские характеристики систем морской спутниковой связи, включая новейшие подсистемы «Инмарсат».

Система	Год запуска	Покрытие	Технология	Услуги	Речь (кбит/с)	Факс (кбит/с)	e-mail	Данные (кбит/с)	низкоскоростн.	HSD (кбит/с)	Телекс	Совместимость с ГМССБ	SIM-карта	Оплата	Имя	Год	Покрытие	Технология	Услуги	Речь (кбит/с)	Факс (кбит/с)	e-mail	Данные (кбит/с)	низкоскоростн.	HSD (кбит/с)	Телекс	Совместимость с ГМССБ	SIM-карта	Оплата
Им-А	1982	глоб.	аналог.		19,2	9,6	+	9,6		55,64	+	+	+	время	Им-А	1982	глоб.	аналог.		19,2	9,6	+	9,6		55,64	+	+	+	время
Им-В	1994	глоб.	цифр.		9,6	9,6	+	9,6		55,64	+	+	+	время	Им-В	1994	глоб.	цифр.		9,6	9,6	+	9,6		55,64	+	+	+	время
Им-С	1992	глоб.	цифр.		6,4	2,4	+	0,6			+	+	+	объем	Им-С	1992	глоб.	цифр.		6,4	2,4	+	0,6			+	+	+	объем
Им-М	1993	глоб.	цифр.		6,4	2,4	+	2,4						время	Им-М	1993	глоб.	цифр.		6,4	2,4	+	2,4						время
Им-ММ	1997	узкие лучи	цифр.		4,8	2,4	+	2,4						время	Им-ММ	1997	узкие лучи	цифр.		4,8	2,4	+	2,4					время	
Им-ММ ISDN	2000	узкие лучи	цифр.		4,8/64	2,4/64	+	2,4		55,64			+	время	Им-ММ ISDN	2000	узкие лучи	цифр.		4,8/64	2,4/64	+	2,4		55,64			+	время
Им-ММ MPDS	2001	узкие лучи	цифр.				+			до 64				объем	Им-ММ MPDS	2001	узкие лучи	цифр.				+			до 64				объем
Им-FSO	2003	глоб.	речь цифр.		9,6		+	9,6					+	время/объем	Им-FSO	2003	глоб.	речь цифр.		9,6		+	9,6				+	время/объем	
Им-F55	2002	глоб.	речь цифр.		9,6/64		+			64			+	время/объем	Им-F55	2002	глоб.	речь цифр.		9,6/64		+			64			+	время/объем
Им-F77	2002	глоб.	цифр.		4,8/64	2,4/64	+			64			+	время/объем	Им-F77	2002	глоб.	цифр.		4,8/64	2,4/64	+			64			+	время/объем
Им-880АН	2002	узкие лучи (Turkya)	цифр.				+			до 144				объем	Им-880АН	2002	узкие лучи (Turkya)	цифр.				+			до 144				объем
Иridium	2001	глоб.	цифр.		2,4		+	2,4					+	время	Иridium	2001	глоб.	цифр.		2,4		+	2,4				+	время	
Глыста	2001	узкие лучи	цифр.		2,4		+	9,6					+	время	Глыста	2001	узкие лучи	цифр.		2,4		+	9,6				+	время	
Обзорstar	1999	региональный	цифр.		4,8	2,4	+	2,4/7,6						время	Обзорstar	1999	региональный	цифр.		4,8	2,4	+	2,4/7,6					время	

## 1. СИСТЕМА СВЯЗИ «ИНМАРСАТ-В»

### 1.1. Основы построения системы связи «Инмарсат-В»

«Инмарсат-В» – новая глобальная система телефонной связи и передачи данных (ПД), которая распространяет преимущества цифровой технологии в области мобильной спутниковой связи.

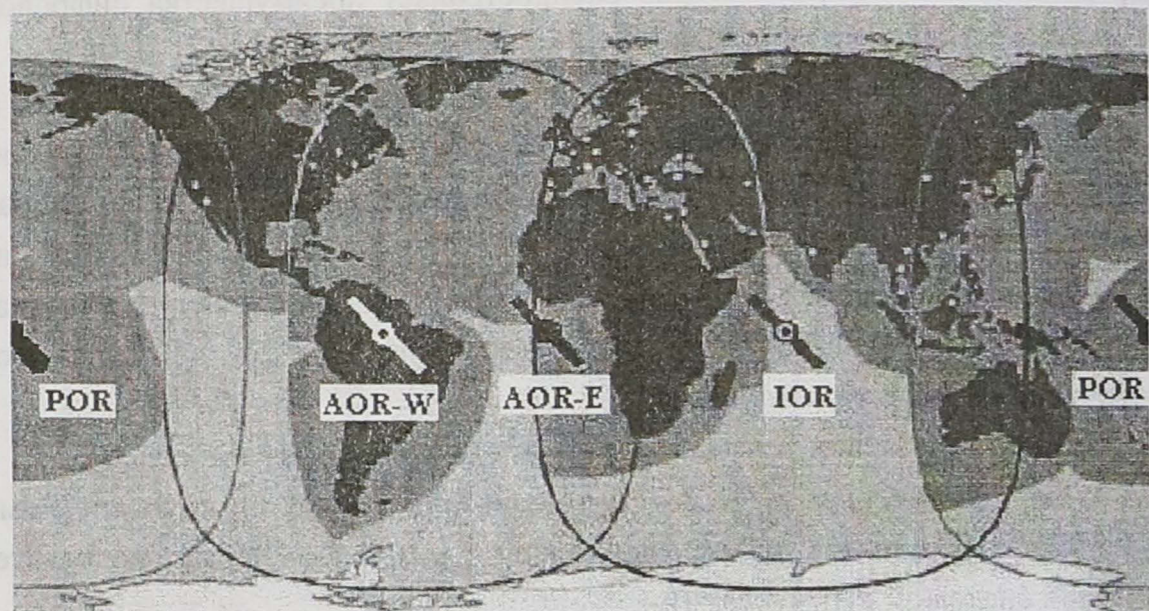
Основным принципом конструкции «Инмарсат-В» является простота и выработка базовых технических условий системы для телефонного, факсимильного, телексного обслуживания и передачи данных (ПД). Ее цифровая конструкция позволяет значительно лучше использовать мощность спутника и ширину диапазона, что дает возможность поставщикам услуг назначать более низкие тарифы для пользователей, при этом поддерживая высококачественную и надежную связь.

Основными элементами системы связи «Инмарсат-В» являются:

- космический сегмент (КС) – спутниковые ретрансляторы и выделенные Международным Союзом Электросвязи диапазоны частот, используемые системой «Инмарсат-В»;
- судовые земные станции (СЗС) – станции, которые сконструированы, сделаны, одобрены, испытаны и управляемы в соответствии с техническими требованиями стандарта «Инмарсат-В» и работают через космический сегмент в *L*-диапазоне (1,5 – 1,6 GHz) с целью осуществления связи и сигнализации с БЗС и КСС;
- береговые земные станции (БЗС) – станции, работающие в соответствии с техническими требованиями стандарта «Инмарсат-В» и использующие КС в *C*-диапазоне (4/6 GHz) и в *L*-диапазоне с целью осуществления связи и сигнализации с СЗС и КСС, а также обеспечивающие связь по береговым каналам для соединений с береговыми абонентами;
- координирующие станции сети (КСС) – специально выбранные береговые земные станции, работающие через КС в *C*- и *L*-диапазонах для осуществления связи и сигнализации с СЗС и БЗС и для контроля и слежения за работой спутниковой сети.

Система связи «Инмарсат-В» состоит из независимых спутниковых сетей связи, каждая из которых включает используемый спутниковый ретранслятор, земные средства контроля, БЗС и СЗС, работающие в зоне покрытия спутника, КСС, осуществляющую контроль и слежение за

работой сети, а также назначение каналов типа ОКН. КСС также выступает в роли дублера БЗС при работе последней с поступающими с СЗС вызовами по бедствию. Зоны покрытия спутниковых ретрансляторов приведены на рисунке.



<b>POR</b>	<b>AOR-W</b>	<b>AOR-E</b>	<b>IOR</b>	<b>POR</b>
178 E	54 W	15.5 W	64.5 E	178 E
tel 872	tel 874	tel 871	tel 873	tel 872
tlx 582	tlx 584	tlx 581	tlx 583	tlx 582

Условные обозначения:

○ - Зоны покрытия глобальными лучами      ■ - Зоны покрытия узкими лучами

По выполняемым функциям СЗС (терминалы) стандарта «Инмарсат-В» подразделяются на два класса. Виды связи, обеспечиваемые этими классами, следующие.

Класс 1 – 01:

- 1) дуплексная телефонная связь;
- 2) дуплексная телеграфная связь со скоростью 50 Бод;
- 3) симплексная телефонная передача в направлении на СЗС, включая групповой вызов;
- 4) симплексная телеграфная передача в направлении на СЗС, включая групповой вызов;
- 5) прием объявлений по системе «Инмарсат-В».

Класс 2:

- 1) дуплексная телефонная связь;
- 2) симплексная телефонная передача в направлении СЗС, включая нормальный групповой вызов и зональный групповой вызов;
- 3) прием объявлений по системе «Инмарсат-В».

Виды связи, которые могут быть использованы в качестве дополнительных.

1. Факсимильная связь (группа G-3).
2. Низкоскоростная (300 бит/с) и высокоскоростная (9600 бит/с) передача данных (ПД). Телекстный и телефонный виды связи в направлении СЗС – БЗС и БЗС – СЗС могут быть установлены с приоритетом «бедствие».

Действующие БЗС приведены в следующей таблице.

№	БЗС	Спутники	№	БЗС	Спутники
1	2	3	1	2	3
2	Arvi	3	22	Nonhaburi	3
4	Aussaguel	1/3/4	24	Perth	2/3
5	Beijing	2/3	27	Raisting	1/3
8	Cape D'Aguilar	2/3	28	Riayadh	1/3
9	Comsat Eurasia	3	29	Santa Paula	2
10	Eik	1/3/4	30	Sentosa	2/3
11	Fucino	1/3	32	Southbury	1/4
13	Goonhilly	1/4	34	Station 12	1/3/4
14	Jatiluhur	3	36	Thermopylae	1/3
16	Kuantan	3	37	Towi Al Saman	3
18	Laurentides	1/4	38	Yamaguchi	2/3

Морские терминалы системы связи «Инмарсат-В» имеют следующие типичные характеристики.

Частота передачи: 1626,5 – 1646,5 МГц.

Частота приема: 1525 – 1545 МГц.

Антенный блок – параболическая антенна диаметром 85 см.

Ширина луча – 14° (3 дБ).

Управление – с пульта, клавиатуры или телефонного аппарата.

*Дополнительно подключаемое оборудование:* факсимильный аппарат, генератор сообщения о бедствии, кнопка для включения передачи сообщения о бедствии, персональный компьютер (в качестве основного органа управления).

*Источники питания:* сеть переменного тока 100/115/230 В, 50/60 Гц, потребление около 500 В·А.

*Условия работы:* температура от 0 до +45 °С, относительная влажность 95% при 40 °С.

*Условия работы антенного блока:* температура от -25 до +50 °С, относительная влажность 95% при 40 °С, ветер:

до 100 уз, обледенение до 25 мм, осадки;

до 100 мм/ч, бортовая качка до 30°;

(T = 8 с), килевая качка до 10°;

(T = 6 с), рыскание до 8° (T = 50 с).

## 1.2. Идентификация элементов системы

### 1.2.1. Идентификация БЗС

Идентификаторы (ИД) береговых станций (БЗС) представляют собой трехзначные десятичные числа. Например, БЗС «Эйк» (Норвегия) океанского района АОР-3 имеет идентификационный номер 004.

### 1.2.2. Идентификация терминалов

В системе «Инмарсат-В» каждый терминал имеет несколько цифровых обозначений (номеров): FRLP (Forward and Return Link Pair) – идентификаторы прямого и обратного направлений, ISN (Inmarsat Serial Number) – серийный номер СЗС, OID/DID (Originating/Destination Identification Numbers) – идентификаторы периферийных устройств отправления и получения сообщения, IMN (Inmarsat Mobile Number) – номер для установления соединения с СЗС.

Пара номеров FRLP выделяется для идентификации линии передачи сообщений в прямом и обратном направлениях. Каждый из них представляет собой последовательность из шести шестнадцатиричных цифр. Номера FRLP выделяются организацией «Инмарсат» производителям терминалов для присвоения их каждой выпускаемой станции.

Серийный номер «Инмарсат» ISN – 12-разрядное число, присваиваемое каждому терминалу или каждому каналу многоканальной СЗС – указывается на видном месте на корпусе станции. Первые шесть цифр соответствуют номеру типа модели, одобренной «Инмарсат», остальные цифры являются идентификатором линии прямой передачи.

Идентификационные номера периферийных устройств отправления и получения сообщения OID/DID, представляющие собой две шестнадцатиричные цифры, служат для идентификации подключенных к СЗС периферийных устройств, осуществляющих в данный сеанс связи отправление или получение сообщения. Устанавливаются производителем аппаратуры или лицом, вводящим терминал в эксплуатацию.

Номер для установления соединения с СЗС (IMN) – номер, который должен набрать абонент, чтобы вызвать требуемый подвижный объект (см. гл. 14, 15 настоящего пособия).

## 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ И КАНАЛООБРАЗОВАНИЕ

### 2.1. Распределение частот

В системе связи «Инмарсат-В» передача и прием информации осуществляются в двух направлениях: прямом и обратном.

В прямом направлении передача информации производится от БЗС к СЗС через спутниковый ретранслятор. Диапазон частот, выделенный для участка БЗС – ИСЗ в прямом направлении (С-диапазон) для спутников «Инмарсат-2» – 6425 – 6443 МГц, для участка ИСЗ – СЗС в прямом направлении (L-диапазон) – 1525 – 1545 МГц.

В обратном направлении передача информации производится от СЗС к БЗС через спутниковый ретранслятор. Диапазон частот, выделенный для участка СЗС – ИСЗ в обратном направлении (L-диапазон) – 1626,5 – 1646,5 МГц, для участка ИСЗ – БЗС в обратном направлении (С-диапазон) – 3600 – 3623 МГц.

### 2.2. Каналообразование в системе связи «Инмарсат-В»

Спутниковые каналы системы «Инмарсат-В» предназначены для предоставления услуг связи и передачи сообщений сигнализации. Некоторые из этих

функциональных каналов используют одинаковые несущие частоты и образуют, таким образом, единый физический канал связи и сигнализации. Действующие в системе физические и соответствующие им функциональные каналы (в режиме минимальной нагрузки сети) изображены на рисунке.

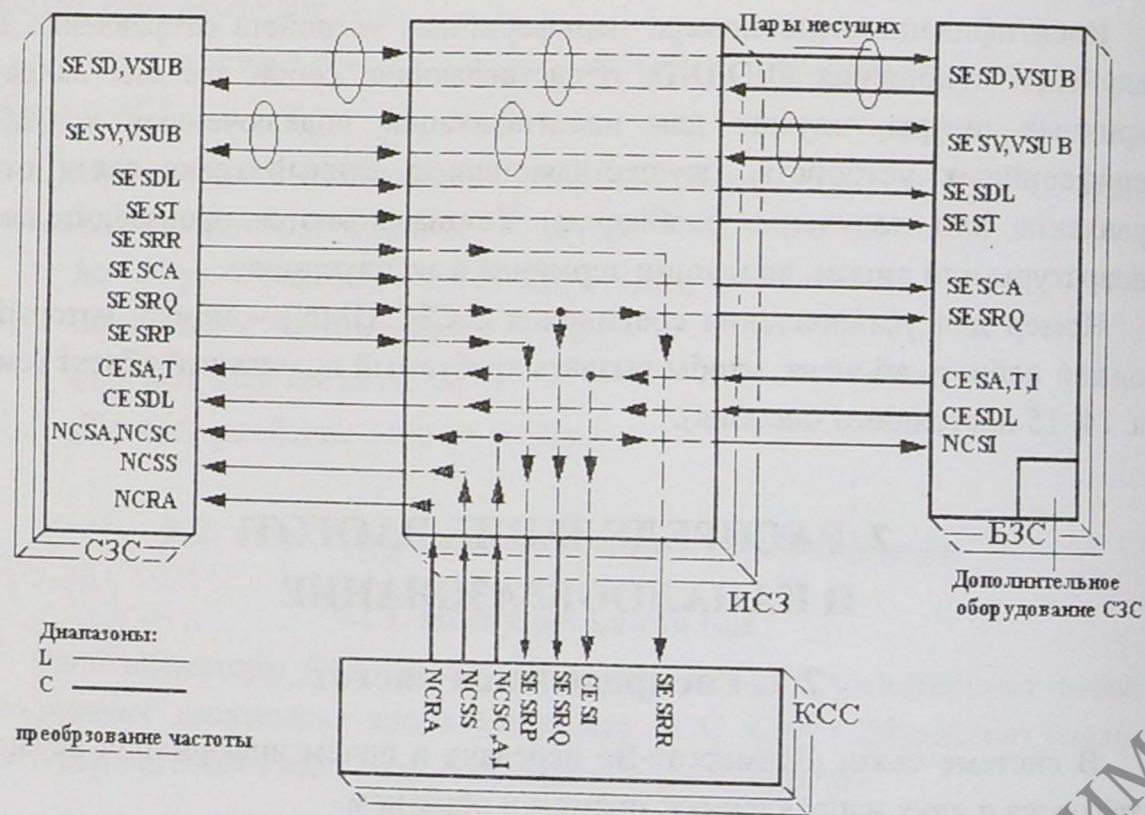


Схема каналообразования в системе «Инмарсат-В»

В системе действуют следующие функциональные каналы.

**Voice (V) channel** – канал передачи голоса: цифровой речевой (телефонный) канал, работающий по принципу один канал на несущую (ОКН), обеспечивающий передачу речи, закодированной со скоростью 16 кбит/с с использованием адаптивного предсказывающего кодирования (adaptive predictive coding – APC). Применяется для работы в двух направлениях: прямом (*берег – судно*) и обратном (*судно – берег*). Использование канала сопровождается назначающей и отключающей сигнализациями в начале и конце каждого соединения. Голосовая активация и регулирование мощности реализованы на несущей прямого направления.

Эти каналы также поддерживают ПД со спектром, аналогичным речевому (включая факсимиле) до скорости передачи 2400 бит/с и внутридиапазонную сигнализацию (VSUB).

**Data (D) Channel** – канал ПД – цифровой канал ПД типа ОКН, обеспечивающий информационную скорость 9,6 кбит/с. Использование канала сопровождается назначающей и отключающей сигнализацией в начале и конце каждого соединения. Регулирование мощности производится на несущей прямого направления. Эти каналы также поддерживают факсимиле Группы-3 и внутридиапазонную сигнализацию (DSUB). Назначение каналов типа ОКН в сети производится централизованно КСС по запросам СЗС и БЗС. Для облегчения возможности выбора несущих частот для этих каналов они не образуют определенных пар, однако минимальный разнос составляет 101,5 МГц.

**CES Telex (CEST) Channel** – канал передачи телекса – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении для передачи телексных сообщений на СЗС.

**CES Assignment (CESA) Channel** – канал назначения – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении для передачи сообщений сигнализации от БЗС на СЗС, включая назначение запрашиваемых каналов типа УВР/МДВР (телекс и низкоскоростная ПД) и сообщений о причинах отказа в обработке запроса СЗС.

**CES Low-Speed Data (CESDL) Channel** – канал низкоскоростной передачи данных – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении для передачи низкоскоростных данных (код МТК-5) на СЗС в асинхронном режиме с информационной скоростью 300 бит/с.

**CES Inter-Station (CESI) Channel** – канал межстанционной сигнализации – постоянно работающий канал УВР-типа, используемый в прямом направлении каждой БЗС для передачи сообщений сигнализации на КСС.

**NCS Common (NCSC) Channel** – общий канал – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении для передачи сообщений сигнализации от КСС к СЗС для извещения о поступлении вызова, передачи информации «доска объявлений», осуществления групповых вызовов.

**NCS Assignment (NCSA) Channel** – канал назначения – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении для передачи сообщений о назначении канала типа ОКН от КСС на СЗС.

**NCS Inter-Station (NCSI) Channel** – канал межстанционной сигнализации – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении для передачи сообщений сигнализации от КСС ко всем БЗС в данной сети.

**NCS Spot-Beam (NCSS) Channel** – канал идентификации точечных лучей – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении (одна частота на точечный луч). Дает возможность СЗС определить спутниковый точечный луч в котором она находится в данный момент.

**Network Coordination Registration Acknowledgment (NCRA) Channel** – канал подтверждения регистрации – постоянно работающий канал типа УВР, используемый в прямом направлении для передачи сообщений сигнализации с подтверждением регистрации в ответ на передаваемые СЗС запросы о регистрации в данном океаническом регионе.

**SES Telex (SEST) Channel** – канал передачи телекса – канал типа МДВР, используемый в обратном направлении для передачи телексных сообщений (код МТК-2) на БЗС.

**SES Low-Speed Data (SES DL) Channel** – канал передачи низкоскоростных данных – канал типа МДВР, используемый в обратном направлении для передачи низкоскоростных данных (код МТК-5) на БЗС в асинхронном режиме с информационной скоростью 300 бит/с.

**SES Request (SES RQ) Channel** – запросный канал СЗС – канал с произвольным доступом методом Aloha, используемый в обратном направлении для передачи сигнальной информации от СЗС, особенно сигналов запроса канала, которые служат началом процесса работы БЗС по обработке вызова судно – берег. Прием канала осуществляется также КСС для дублирования при обработке вызовов по бедствию.

**SES Call Acknowledgment (SESCA) Channel** – канал подтверждения вызовов – канал с произвольным доступом методом Aloha, используемый в обратном направлении для передачи сообщений сигнализации от СЗС на БЗС, содержащих подтверждение о приеме сообщения, передаваемого в режиме группового вызова (при необходимости).

**SES Registration (SES RR) Channel** – канал регистрации – канал с произвольным доступом методом Aloha, используемый в обратном направлении для передачи сообщений сигнализации от СЗС на КСС, содержащих

запрос о регистрации в океаническом регионе, необходимой для направления на СЗС вызовов с берега.

**SES Response (SES RP) Channel** – ответный канал СЗС – канал типа МДВР, используемый в обратном направлении для передачи сообщений сигнализации от СЗС на КСС, содержащих ответную информацию на поступивший вызов с берега и подтверждения о приеме группового сообщения для СЗС с определенными идентификационными номерами.

**V SUB, D SUB** – каналы поддиапазонной сигнализации, используемые в прямом и обратном направлениях для передачи сообщений сигнализации в процессе установления соединения и обмена на каналах типа ОКН только после выделения частотных каналов для обмена информацией. Канал поддиапазонной сигнализации цифрового речевого канала (V SUB) является частью этого канала и передается вместе с ним на одной несущей частоте в прямом и обратном направлениях. Канал поддиапазонной сигнализации D SUB также является составной частью канала ПД типа ОКН и передается вместе с ним на одной несущей частоте в прямом и обратном направлениях. Таким образом, функциональные каналы V и V SUB, D и D SUB образуют единые физические каналы.

В режиме обычной нагрузки одна несущая частота обеспечивает одновременную работу каналов CESA, CEST и CESI или каналов CESA, CES DL и CESI, не позволяя обеспечить одновременную передачу телекса и низкоскоростных данных (CEST и CES DL).

В режиме небольшой нагрузки возможна работа каналов SES RQ и SES CA на одной частоте. Для КСС в режиме обычной нагрузки одна несущая частота обеспечивает одновременную работу каналов NCSC, NC SA и NC SI. По мере роста обмена (трафика, нагрузки) выделяются дополнительные несущие для этих каналов. Отдельные несущие частоты всегда используются для каналов NCSS, число которых зависит количества обеспечиваемых спутником точечных лучей.

### 2.3. Механизм дальнейшего расширения возможностей каналов

В случае увеличения спроса на предоставление цифровых речевых каналов и каналов передачи данных выделяются дополнительные частоты из имеющейся у спутникового ретранслятора емкости.



В случае увеличения объема обмена и сигнализации каналы CESA, CEST, CESDL могут работать на отдельных несущих частотах. При этом в кадрах каналов CEST и CESDL первое временное окно всегда будет предназначено для сигнализации. Максимальный объем сообщений назначаемой сигнализации, передаваемый одной БЗС, соответствует одному каналу CESA.

В случае увеличения объема обмена и сигнализации канал NCSC может быть использован, главным образом, для уведомления о вызовах и передачи сообщений Bulletin Board («доска объявлений»). Остальные виды сигнализации комбинируются на других каналах КСС.

В случае увеличения объема обмена и сигнализации для всех типов каналов СЗС выделяются дополнительные частоты. Например, если в каждой спутниковой сети первоначально работают два запросных канала, то при увеличении объема обмена количество каналов может быть увеличено до восьми.

### 3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛОВ И ЛИНИЙ

#### 3.1. Характеристики каналов

В табл. 3.1 и 3.2 указаны основные характеристики каналов при передаче по радиопереносным [3], [11], которая может происходить как с использованием одной несущей частоты для нескольких каналов, так и при использовании одной несущей частоты на канал (см. п. 2.2 настоящего пособия). В графах 1, 3, 4, 6 заголовочной части табл. 3.1 в квадратных скобках даны ссылки на библиографические источники, в которых приведены характеристики каналов.

Таблица 3.1

Канал [7], [8]	Скорость передачи, кбит/с	Вид модуляции [5]	Метод доступа [4]	Частотный разнос, кГц	Тип луча [1], [10]
1	2	3	4	5	6
NCS (C, A, I, RA)	6	ОФМ	УВР	10	G
NCSS	6	ОФМ	УВР	10	S
CES (T, DL)	6	ОФМ	УВР	10	G, S

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
CES (A, I)	6	ОФМ	УВР	10	G
CES (V SUB, D SUB)	24	ДФМ	ОКН	20	G, S
SES (V SUB, D SUB)	24	ДФМ	ОКН	20	G, S
SES (T, DL)	24	ДФМ	МДВР	20	G, S
SES (RQ, CA, PR)	24	ДФМ	Aloha	20	G
SESRP	24	ДФМ	МДВР	20	G

Таблица 3.2

Тип	FEC	Канальная скорость, кбит/с	Угол возвышения антенны СЗС, град	Вероятность ошибки (99% времени)	$E_b/N_0$ , дБ	$C/N_0$ , дБ
CESV/SESV	3/4	24	10	1/10000	4,7	47,3
Телефония (включая передачу данных по телефонному каналу до 2,4 кбит/с)			5	1/100	3,3	45,9
CEST/CESDL прямая линия телекс и низкоскоростные данные	1/2	6	5	1/100000	4,6	39,4
SEST/SESDL обратная линия телекс и низкоскоростные данные	1/2	24	5	1/100000	4,4	45,2
CESD/SESD 9,6 кбит/с ОКН данные	1/2	24	5	1/100000	4,4	45,2
CESA/NCSC/NSCA/NCSS прямая линия сигнализации	1/2	6	6	1/100000	4,6	39,4
NCSI/CESI МСЛ	1/2	6	5	1/100000	4,6	39,4
SESRQ/SESRP обратная линия сигнализации	1/2	24	5	1/100000	4,4	45,2

### 3.2. Энергетические характеристики радиолиний

Система «Инмарсат-В» имеет четыре типа радиолиний: БЗС – ИСЗ, ИСЗ – БЗС, СЗС – ИСЗ, ИСЗ – СЗС (см. табл. 3.2).

Основные характеристики радиолиний:

- мощность передачи  $P_t$ , отнесенная к одному каналу;
- коэффициент усиления приемной антенны  $G_r$ ;
- коэффициент усиления передающей антенны  $G_t$ ;
- коэффициент потерь в свободном пространстве  $L_{sp}$ ;
- коэффициент поглощения энергии радиоволн в радиотракте  $L$ ;
- мощность принимаемого сигнала  $P_r$ , отнесенная к одному каналу [1], [2], [11].

Мощность передачи связана с выходной мощностью передатчика  $P_{t0}$  соотношением  $P_t = K_t \cdot P_{t0}$ , где  $K_t$  – коэффициент передачи фидерной линии.

Коэффициент усиления направленной антенны (передающей или приемной) показывает обеспечиваемый ею выигрыш в мощности сигнала по сравнению с ненаправленной (изотропной) антенной. Коэффициент  $G$  зависит от эффективной площади антенны и длины волны:

$$G = 4 \pi \cdot f \cdot S_a / C,$$

где  $S_a$  – эффективная площадь антенны, зависящая от ее формы и размеров;

$C/f$  – длина волны.

Коэффициент потерь в свободном пространстве учитывает рассеяние электромагнитной энергии в пространстве вследствие сферичности радиоволн и определяется по формуле

$$L_{sp} = [4 \pi \cdot D \cdot f / C]^2,$$

где  $D$  – протяженность радиотракта.

Коэффициент поглощения  $L$  учитывает потери энергии радиоволн в различных поглощающих средах, через которые проходит радиотракт, а также потери вследствие отражений, интерференции радиоволн и другие.

Мощности принимаемого сигнала и мощность на входе приемного устройства  $P_{r0}$  связаны соотношением

$$P_{r0} = K_r \cdot P_r,$$

где  $K_r$  – коэффициент передачи приемного фидера.

Основные параметры радиотракта связаны следующим уравнением:

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r}{L_{sp} \cdot L},$$

которое является уравнением радиопередачи. На практике используют более удобную его форму, которую можно получить делением левой и правой частей на  $N_0$  – спектральную плотность шума, действующую на входе приемного устройства. Спектральная плотность шума или мощность шума, отнесенная к полосе частот 1 Гц, согласно формуле Найквиста, определяется по формуле

$$N_0 = k \cdot T_r,$$

где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана;

$T_r$  – эквивалентная шумовая температура (ЭШТ), К.

В результате деления уравнение радиопередачи принимает вид:

$$P_r / N_0 = P_t \cdot G_t \cdot (G_r \cdot T_r) / (k \cdot L_{sp} \cdot L).$$

Это уравнение связывает между собой следующие параметры радиолиний:

$P_r / N_0$  – отношение мощности сигнала к спектральной плотности шума, Гц;

$P_t \cdot G_t$  – эквивалентную изотропно излучаемую мощность (ЭИИМ), Вт;

$G_r / T_r$  – добротность приемной системы,  $K^{-1}$ .

Основными видами помех в диапазоне радиоволн, используемом в системе связи «Инмарсат-В», являются шумы земного и внеземного происхождения. Из внеземных источников шума наиболее мощным является Солнце. В суммарной ЭШТ антенны при  $G_r = 20$  дБ шумовая температура Солнца составляет около 100 дБ, а шумовой вклад приемника – от нескольких десятков до нескольких сот кельвинов в зависимости от используемых усилителей. Также большое значение имеют помехи взаимной модуляции, возникающие в нелинейном спутниковом ретрансляторе при одновременной ретрансляции большого числа сигналов. Эти помехи рассматриваются как флуктуационный шум с некоторой спектральной плотностью  $I_0$ . Обычно отношение  $P_r / I_0$  находится в пределах от 70 до 75 дБ · Гц.

Для определения результирующего отношения сигнал/шум на входе ретранслятора используют формулу

$$\frac{P_r}{N_0 + I_0} = \frac{P_r}{N_0} \cdot \frac{P_r}{I_0} \cdot \left[ \frac{P_r}{N_0} + \frac{P_r}{I_0} \right]^{-1},$$

где  $P_r$  выражено в Вт,  $N_0, I_0$  – в Вт/Гц.

По приведенным формулам получены ориентировочные энергетические соотношения для четырех типов радиолиний: БЗС – ИСЗ, ИСЗ – БЗС, СЗС – ИСЗ, ИСЗ – СЗС с использованием принятых в системе «Инмарсат-В» параметров станций. При этом принимались наихудшие условия, когда станции находятся на краю рабочей зоны с углом подъема, равным  $5^\circ$ .

## 4. МЕТОДЫ МОДУЛЯЦИИ

### 4.1. Модуляция в каналах типа МДВР, Aloha, ОКН

В каналах типа МДВР, Aloha, ОКН применяется двукратная фазовая телеграфия (манипуляция) со сдвигом – ДФМ (табл. 4.1).

Двукратная фазовая телеграфия со сдвигом – метод передачи двоичных сигналов путем манипуляции фазы несущего колебания со скачком не более  $90^\circ$  [1], [2], [6], [10].

Таблица 4.1

Параметр	Единица измерения	БЗС – ИСЗ	ИСЗ – СЗС	СЗС – ИСЗ	ИСЗ – БЗС
$F$	Гц	6	1,5	1,6	4
$P_t \cdot G_t$	дБ·Вт	56,0	16,0	33,0	-5,5
$L_{sp}$	дБ	200,9	188,5	189	197,2
$L$	дБ	0,4	0,4	0,4	0,4
$G_r / T_r$	дБ/К	-14	-4,0	-11,2	32,0
$P_r / N_0$	дБ·Гц	69,3	47,2	61,0	57,5

Манипуляция осуществляется на поднесущей частоте в соответствии с алгоритмом  $s(t) = s(I \cos(\omega t) + Q \sin(\omega t))$ , где  $(I, Q) = (-1, +1)$  – инфор-

мационные последовательности, модулирующие квадратурные поднесущие.

Структурные схемы модулятора двукратной фазовой манипуляции приведены на рис. 4.1.

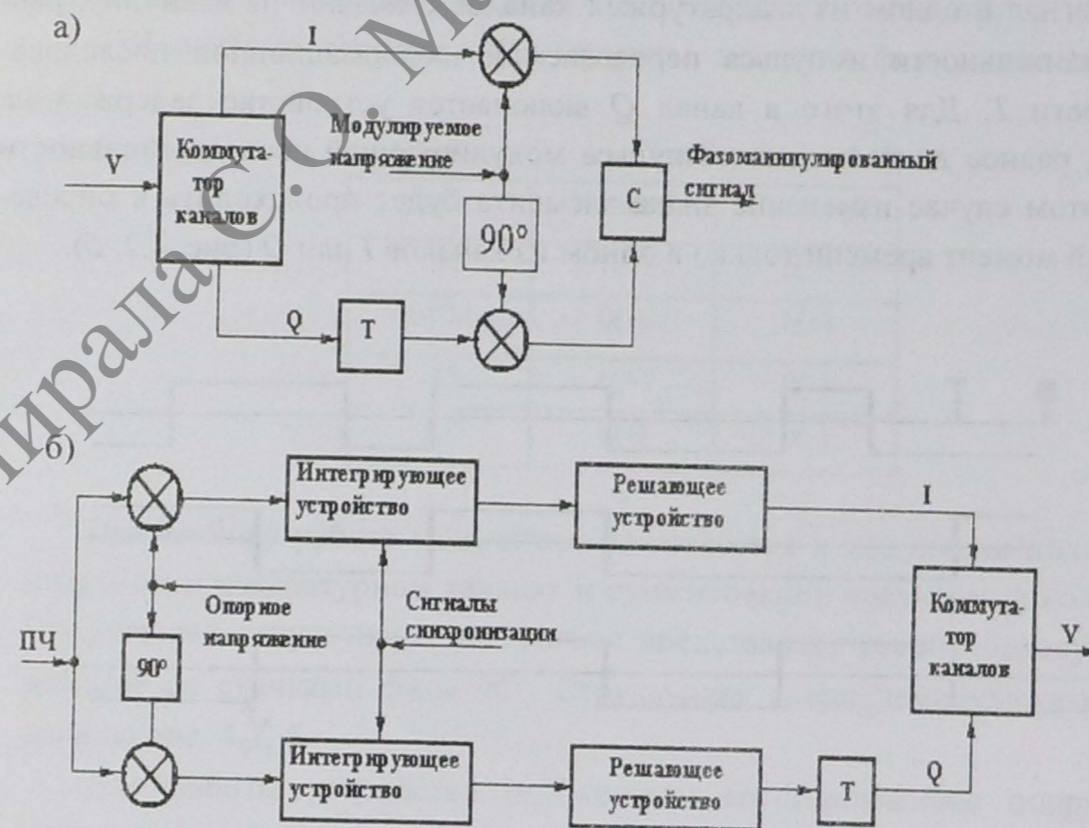


Рис. 4.1. Структурные схемы: а – модулятора двукратной ФМ;

б – демодулятора двукратной ФМ

Условные обозначения:

$T$  – устройство задержки на длительность модулирующего импульса;  
 $\oplus$  – суммирующее устройство

Коммутатор каналов обеспечивает разделение входной информационной последовательности импульсов  $V$  на две последовательности  $I$  и  $Q$  для модуляции поднесущей (модулируемого напряжения) в прямом и квадратурном каналах.

Информационные последовательности  $I$ ,  $Q$  формируются из передаваемой последовательности символов  $V$  путем поочередной их подачи на вход прямого и квадратурного каналов (рис. 4.2, а).

При одновременной смене символов в каждом из квадратурных каналов модулятора происходит скачок фазы на  $180^\circ$ . Во избежание этого явления, сигнал в одном из квадратурных каналов смещают на величину, равную длительности импульса передаваемой информационной последовательности  $T$ . Для этого в канал  $Q$  включается устройство задержки на время, равное длительности импульса модулирующей последовательности  $V$ . В этом случае изменение знака элемента будет происходить в определенный момент времени только в одном из каналов  $I$  или  $Q$  (рис. 4.2, б).

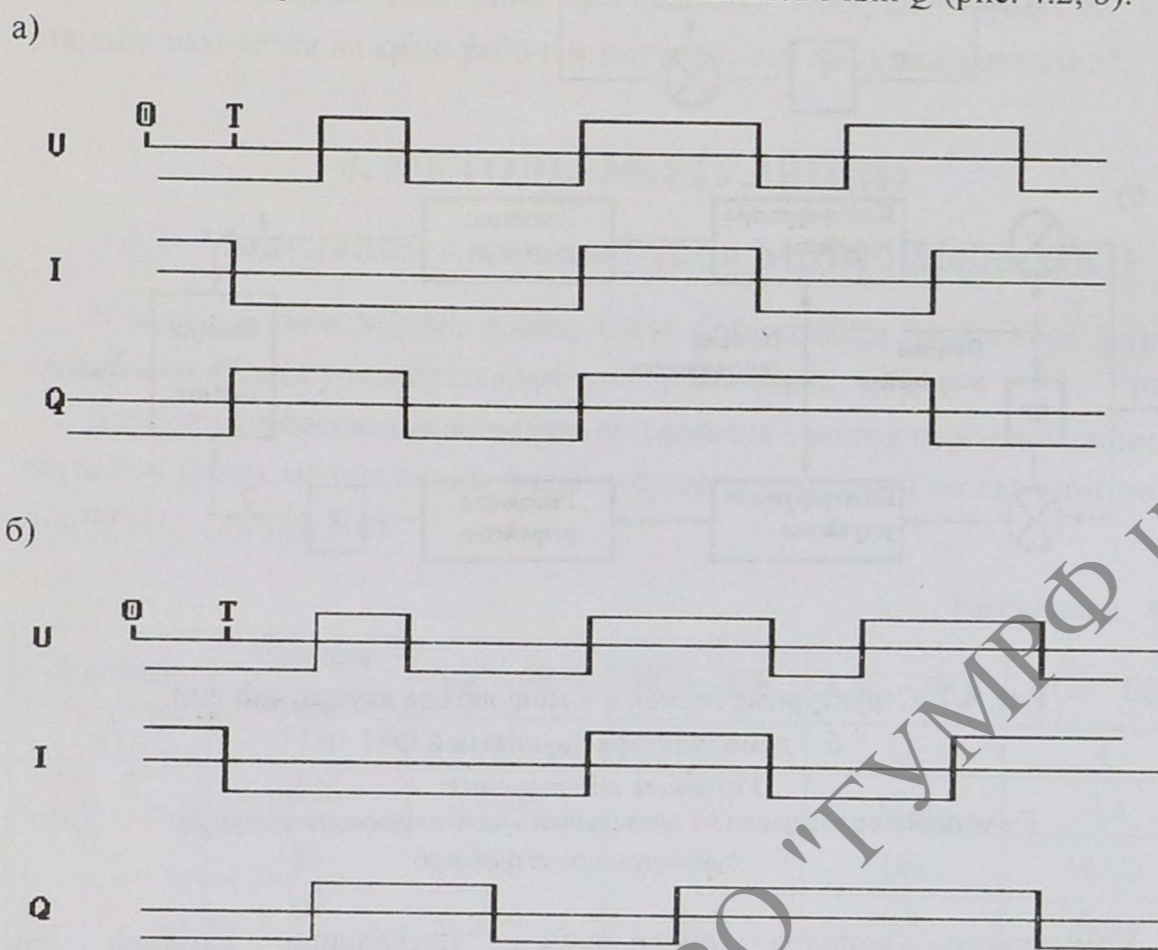


Рис. 4.2. Временные диаграммы работы модулятора: а – модулятора; б – демодулятора

При этом обеспечивается изменение фазы не более чем на  $90^\circ$ . Это принято для уменьшения провалов огибающей, возникающих при прохож-

дении ФМ-сигнала через полосовые фильтры в моменты, соответствующие скачкам фазы. Глубина провала зависит от величины скачка и полосы пропускания фильтра. Минимальная относительная величина амплитуды напряжения при переходном процессе может составить  $U_{\min}/U = \cos \psi/2$ , где  $\psi$  – скачок фазы, при  $\psi = 90^\circ$   $U_{\min}/U = \cos 90^\circ/2 = 0,707$ . Такой вид модуляции называется *двукратной фазовой манипуляцией со сдвигом*.

В системе «Инмарсат-В» приняты значения фазы, приведенные в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Фаза	Канал $I$	Канал $Q$
+45	1(+)	1(+)
+135	0(-)	1(+)
-45	1(+)	0(-)
-135	0(-)	0(-)

Дальнейшая работа модулятора заключается в модуляции поднесущей в прямом и квадратурном каналах и суммировании полученных колебаний. Полученный результирующий сигнал представляет собой поднесущее колебание со скачками фазы  $90^\circ$ . Структурная схема демодулятора приведена на рис. 4.2, б.

Для работы устройства необходимы восстановленное опорное напряжение и сигналы синхронизации, вырабатываемые во вспомогательных устройствах.

После умножения фазоманипулированного колебания промежуточной частоты на восстановленную несущую в прямом и квадратурном каналах при помощи интеграторов и решающих устройств определяются полярности символов в каналах. Взятие отсчетов осуществляется по сигналам тактовой синхронизации. В коммутаторе происходит преобразование решений в квадратурных каналах в единую последовательность символов.

#### 4.2. Модуляция в каналах типа УВР

В каналах типа УВР применяется относительная фазовая телеграфия (манипуляция) – ОФМ.

Относительная фазовая манипуляция – метод передачи двоичных сигналов путем манипулирования фазы несущего колебания со скачком  $180^\circ$  и дифференциальным кодированием исходного сигнала [3], [4]. При таком построении схемы, принятом в «Инмарсат-В», изменение фазы на  $180^\circ$  происходит при передаче «1»: при переходе информационной последовательности от «0» к «1» или от «1» к «1». При детектировании, в отличие от обычной фазовой манипуляции, не требуется синхронизация передатчика и приемника по фазе несущего колебания. Неопределенность фазы может составлять  $180^\circ$ . На приемном конце имеет место отсчет информационных параметров одной элементарной посылки относительно другой.

Структурные схемы кодера и декодера, выполняющие дифференциальное кодирование исходного сигнала (рис. 4.3), включают сумматор по модулю 2 и устройство задержки на время, равное длительности импульса исходного сигнала. Работу кодера и декодера можно проследить по табл. 4.3. Обратный прием имеет место в случае, например, неправильного восстановления опорного колебания в демодуляторе при приеме.

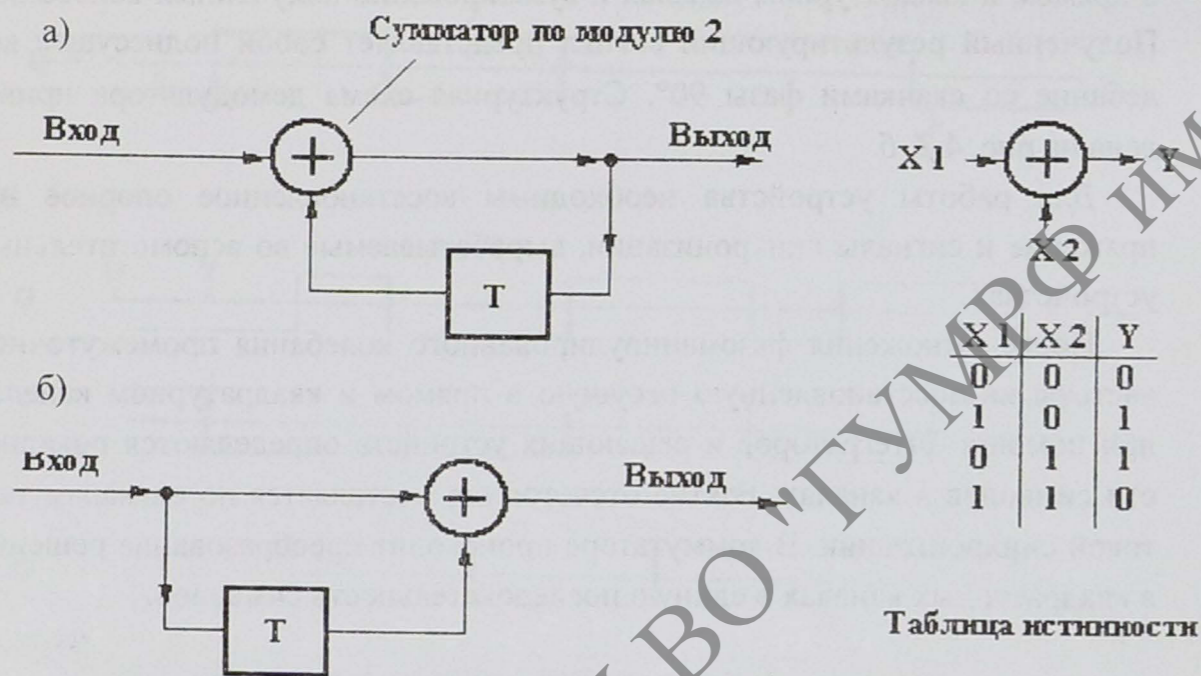


Рис. 4.3. Структурные схемы: а – кодера ОФМ; б – декодера ОФМ

Условные обозначения:

T – устройство задержки на длительность импульса

Перед началом работы кодер и декодер обрабатывают синхронизирующую последовательность, которая служит также для записи в них задержанного сигнала перед приемом первого импульса информационной последовательности.

Таблица 4.3  
Таблица кодирования/декодирования

передача			правильный прием			обратный прием		
Вход	Задержка сигнала	Выход	Вход	Задержка сигнала	Выход	Вход	Задержка сигнала	Выход
0	0	0	0			1		
0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	1	0	1

Структурные схемы модулятора и демодулятора ОФМ аналогичны структурным схемам одного любого канала в модуляторе и демодуляторе ДФМ (см. рис. 4.1).

## 5. МНОГОСТАНЦИОННЫЙ ДОСТУП

Являясь способом передачи сигналов нескольких земных станций через один спутниковый ретранслятор, многостанционный доступ должен обеспечить эффективное использование ЭИИМ ИСЗ, высокую пропускную способность, допустимый уровень переходных помех, неограниченность доступа, приспособляемость системы к увеличению трафика и расширению сети [8].

Наиболее распространенным является метод многостанционного доступа с частотным разделением каналов. При этом каждая СЗС и БЗС передает свои сигналы на выделенной ей частоте по принципу один канал на несущую – ОКН. Основными достоинствами этого метода являются

простота и отсутствие необходимости в синхронизации системы. К недостаткам относятся возникновение интермодуляционных помех, необходимость регулирования мощности земной станции при одновременном использовании одного и того же ретранслятора несколькими абонентами, т.к. увеличение амплитуды сигнала в одном из каналов автоматически приводит к уменьшению амплитуд в остальных каналах из-за ограниченности мощности ретранслятора.

При использовании многостанционного доступа с временным разделением отдельные каналы подключаются поочередно на передачу через единый канал связи. При реализации этого метода эффективно используется мощность спутникового ретранслятора, отсутствуют перекрестные помехи, но требуется синхронизация работы земных станций (рис. 6.7).

При использовании уплотнения с временным разделением сигналов разных каналов – УВР – БЗС поочередно подключает каналы разных СЗС на передачу без временных интервалов между ними (рис. 6.4 и 6.5). Канал при этом представляет собой временное окно в общем кадре. Каждая СЗС ведет отсчет предназначенного ей временного окна по сигналам синхронизации, включенным в канал.

При использовании многостанционного доступа с временным разделением МДВР – СЗС поочередно передают сигналы своих каналов на одинаковой несущей частоте (см. рис. 6.7). При этом применяются защитные временные интервалы. Канал представляет собой временное окно в общем кадре. Каждая СЗС ведет отсчет предназначенного ей для передачи временного окна по сигналам синхронизации, включенным в канал.

При использовании способа с произвольным доступом Aloha – СЗС передают свои сообщения (сообщения сигнализации) на одинаковой несущей частоте в произвольно выбранные моменты времени. При этом возможны совпадения во времени таких сигналов. В этом случае БЗС будет не в состоянии разделить сигналы и ожидает их повторения. В обычном режиме работы, через небольшой промежуток времени после передачи запроса, аппаратура СЗС определяет, был ли он успешно принят (по сигналам выбранной БЗС). В случае потери запроса автоматически производится произвольный выбор одного из запросных каналов и повторная передача запросного пакета. Повторные запросные пакеты передаются максимум до одного повтора, после чего процесс вызова считается несостоявшимся, и СЗС должна немедленно перестроить свой

приемник на частоту канала NCSC [см. п. 12.1]. СЗС должна ограничить интервал между следующими друг за другом последовательностями вызывных пакетов не менее чем до 10 с.

## 6. ФОРМАТЫ КАНАЛОВ

### 6.1. Формат цифрового речевого канала на основе МСД типа ОКН

Информация, передаваемая в цифровом речевом канале, первоначально формируется в виде информационно-сигнальных блоков.

Структура информационно-сигнального блока цифрового речевого канала приведена на рис. 6.1.

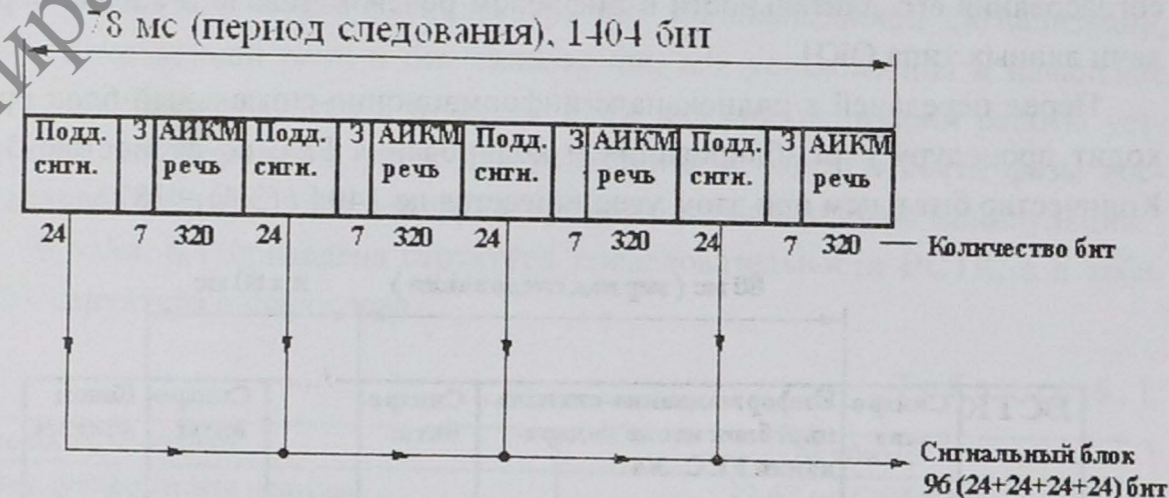


Рис. 6.1. Структура информационно-сигнального блока в цифровом речевом канале до мультиплексора (скорость передачи 18000 бит/с)

Условные обозначения:

Подд. сгн. – биты сигнального блока поддиапазонной сигнализации; З – биты заполнения; АИКМ речь – речевой сигнал, обработанный системой кодирования речи

Длительность информационно-сигнального блока составляет 78 мс. За это время передается 1404 бит. Скорость передачи составляет  $1404 \text{ бит} / 0,078 \text{ с} = 18000 \text{ бит/с}$ .

Информационно-сигнальный блок разделен на четыре подблока, в состав каждого из которых входит поле размером 24 бит для передачи сообщений поддиапазонной сигнализации, поле для передачи цифровой речевой информации размером 320 бит, поле «З» – заполнение размером 7 бит.

В каждом поле цифровой речевой информации передается формализованное сообщение с выхода устройства кодирования речи, содержащее закодированный 20 мс речевой интервал. Скорость поступления информации с выхода устройства кодирования речи составляет 16000 бит/с. Для формирования информационно-сигнального блока со скоростью 18000 бит/с производится запоминание выходных импульсов кодера в буферном запоминающем устройстве и последующее их считывание с повышенной скоростью.

В каждом информационно-сигнальном блоке путем объединения информации в четырех полях поддиапазонной сигнализации формируется сигнальный блок размером 96 бит (24 + 24 + 24 + 24).

Поле «заполнение» включено в информационно-сигнальный блок для согласования его длительности в цифровом речевом канале и канале передачи данных типа ОКН.

Перед передачей в радиоканале информационно-сигнальный блок проходит процедуру скремблирования и кодирования FEC со скоростью 3/4. Количество бит в нем при этом увеличивается до  $1404 / (3/4) = 1872$ .

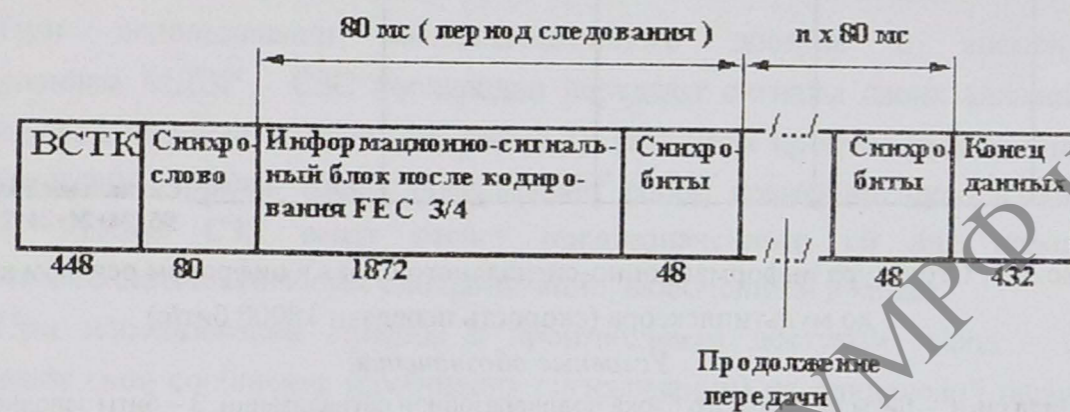


Рис. 6.2. Формат кадра передачи в цифровом речевом канале до мультиплексора (скорость передачи 24000 бит/с)

Условные обозначения:

VSTK – последовательность, необходимая для восстановления несущей и тактовой синхронизации

Длительность кадра передачи в цифровом речевом (рис. 6.2) канале составляет 80 мс. В течение этого времени передается информационно-сигнальный блок, закодированный FEC 3/4, и импульсы кадровой синхронизации – синхробиты. Общее количество бит в кадре при этом составляет

$1872 + 48 = 1920$ . Скорость передачи в радиоканале  $1920 \text{ бит} / 0,08 \text{ с} = 24000 \text{ бит/с}$ .

В цифровых речевых каналах прямого направления (*берег – судно*) используется режим голосового активатора. Передача в радиоканале начинается с импульсов восстановления несущей и тактовой синхронизации – VSTK и синхрослова. Этот порядок также используется при передаче пакетов в режиме голосового активатора в прямом направлении.

Импульсы «признак конца последовательности» передаются в конце пакета в режиме голосового активатора и перед прекращением передачи в данном канале в обоих направлениях. Импульсы VSTK используются для восстановления несущей в устройстве декодирования ДФМ, применяемой в каналах типа ОКН. Синхрослово и синхробиты используются для правильного разделения в демультимплексоре бит поддиапазонной сигнализации, бит кодированной речи и бит заполнения, для установления в начальное состояние дескремблера и декодера FEC, для синхронизации работы устройства декодирования речи, для устранения неоднозначности фазы восстановленной несущей в демодуляторе двукратной фазовой манипуляции.

В табл. 6.1 приведена структура последовательности VSTK, а в табл. 6.2 – структура синхрослова.

Таблица 6.1

Скорость передачи	24 кбит/с
Немодулированная несущая	12,67 мс (304 бит)
Модулированная несущая: модулирующие биты:	6 мс (144 бит)
канал I	000000000000 (72 бит)
канал Q	10101010101 (72 бит)
Длина всей последовательности	18,67 мс (448 бит)

Синхрослово и синхробиты используются для правильного разделения в демультимплексоре бит поддиапазонной сигнализации, бит кодированной речи и бит заполнения, для установления в начальное состояние дескремблера и декодера FEC, для синхронизации работы устройства декодирования речи, для устранения неоднозначности фазы восстановленной несущей в демодуляторе двукратной фазовой манипуляции.

Таблица 6.2

Скорость передачи	24 кбит/с
Модулирующие биты в каналах I, Q	0000 0111 0111 1011 1111 0001 0110 1011 0010 0010 (40 бит)
Длина	80 бит

Структура побитовой синхронизации показана в табл. 6.3, а структура признака конца последовательности – в табл. 6.4.

Таблица 6.3

Скорость передачи	24 кбит/с
Модулирующие биты в каналах I, Q	1111 1010 1100 1100 1010 0000 (24 бит)
Длина	48 бит

Таблица 6.4

Скорость передачи	24 кбит/с
Модулирующие биты в каналах I, Q	последовательность синхробит, повторенная 10 раз (240 бит)
Длина	480 бит

Последовательность ВСТК, синхрослово, синхробиты, импульсы признака конца последовательности не подвергаются кодированию FEC и скремблированию.

## 6.2. Формат канала передачи данных типа ОКН

Информация, передаваемая в канале передачи данных типа ОКН, первоначально формируется в виде информационно-сигнальных блоков. Структура информационно-сигнального блока канала ПД типа ОКН представлена на рис. 6.3.

Длительность информационно-сигнального блока составляет 78 мс. За это время передается 936 бит. Скорость передачи составляет  $936 \text{ бит} / 0,078 \text{ с} = 12000 \text{ бит/с}$ .

Информационно-сигнальный блок разделен на четыре подблока. В состав каждого из них входит поле размером 24 бит для передачи сообщений поддиапазонной сигнализации и поле для ПД размером 210 бит.

Каждое поле ПД подразделяется на шесть блоков размером по 35 бит. Внутри блока передаются три управляющих бита и 32 бита данных, соответствующих  $1/6$  20 мс интервала потока данных, поступающих со скоростью 9600 бит/с:  $9600 \text{ бит/с} \cdot (1/6) \cdot 20 \text{ мс} = 32 \text{ бит}$ .

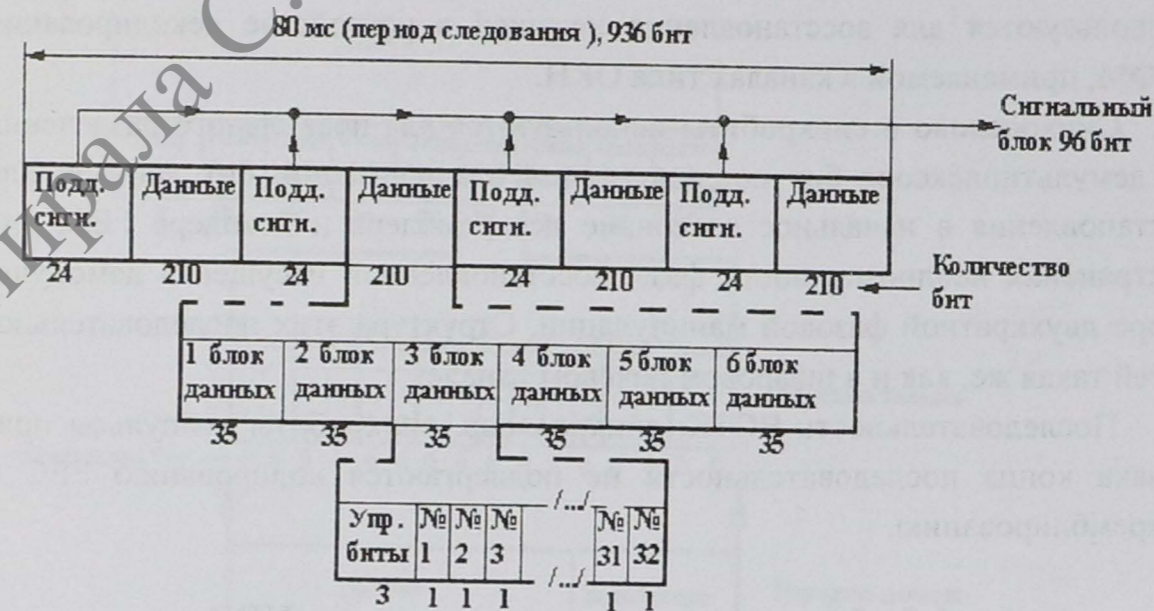


Рис. 6.3. Структура информационно-сигнального блока в канале передачи данных (скорость передачи 9600 бит/с)

Условные обозначения:

Подд. сигн. – биты сигнального блока поддиапазонной сигнализации; Упр. биты – управляющие биты; № 1 – 32 – номера информационных бит в блоках данных

В каждом информационно-сигнальном блоке путем объединения информации в четырех полях поддиапазонной сигнализации формируется сигнальный блок размером 96 бит ( $24 + 24 + 24 + 24$ ). Перед передачей в радиоканале информационно-сигнальный блок проходит процедуру скремблирования и кодирования FEC со скоростью  $1/2$  (рис. 6.9). Количество бит в нем при этом увеличивается до  $936 / (1/2) = 1872$ .

Структура кадра передачи представлена на рис. 6.7. Длительность кадра передачи в канале передачи данных составляет 80 мс. В течение этого



времени передается информационно-сигнальный блок, кодированный FEC  $\frac{1}{2}$ , и импульсы кадровой синхронизации – синхробиты. Общее количество бит в кадре при этом составляет  $1872 + 48 = 1920$ . Скорость передачи в радиоканале –  $1920 \text{ бит} / 0,08 \text{ с} = 24000 \text{ бит/с}$ .

Передача в радиоканале начинается с импульсов восстановления несущей и тактовой синхронизации – ВСТК и синхрослова. Импульсы «признак конца последовательности» передаются перед прекращением передачи в данном канале в обоих направлениях.

Импульсы восстановления несущей и тактовой синхронизации – ВСТК используются для восстановления несущей в устройстве декодирования ДФМ, применяемой в каналах типа ОКН.

Синхрослово и синхробиты используются для правильного разделения в демультимплексоре бит поддиапазонной сигнализации, бит данных, для установления в начальное состояние дескремблера и декодера FEC, для устранения неоднозначности фазы восстановленной несущей в демодуляторе двукратной фазовой манипуляции. Структура этих последовательностей такая же, как и в цифровом речевом канале.

Последовательность ВСТК, синхрослово, синхробиты, импульсы признака конца последовательности не подвергаются кодированию FEC и скремблированию.

### 6.3. Формат кадра каналов типа УВР

Информация, передаваемая в каналах типа УВР, первоначально формируется в виде информационно-сигнальных блоков. Структура информационно-сигнального блока каналов типа УВР представлена на рис. 6.4.

Длительность информационно-сигнального блока составляет 0,259 с. За это время передается 776 бит. Скорость передачи составляет  $776 \text{ бит} / 0,259 \text{ с} = 3000 \text{ бит/с}$ .

Внутри информационно-сигнального блока передаются восемь полей по 96 бит и импульсы синхронизации окон, предназначенные для отсчета СЗС момента начала излучения при работе в канале типа МДВР.

Каждое поле информационно-сигнального блока может использоваться для передачи сообщений сигнализации (сигнальных блоков), телекса или данных. При этом в канале могут одновременно передаваться сообщения сигнали-

зации и телекса или сигнализации и данных, но не телекс вместе с данными. Первое поле, обозначенное цифрой 0, всегда используется для сигнализации.

При использовании полей для сигнализации в каждом поле передается один сигнальный блок размером 96 бит. При использовании полей для ПД со скоростью 300 бит/с каждое поле соответствует одному каналу. При этом оно включает 80 бит данных и 16 бит заполнения.

При использовании полей для передачи телекса в каждом поле может быть размещено 8 каналов. В одном поле при этом передается два символа одного телексного канала.

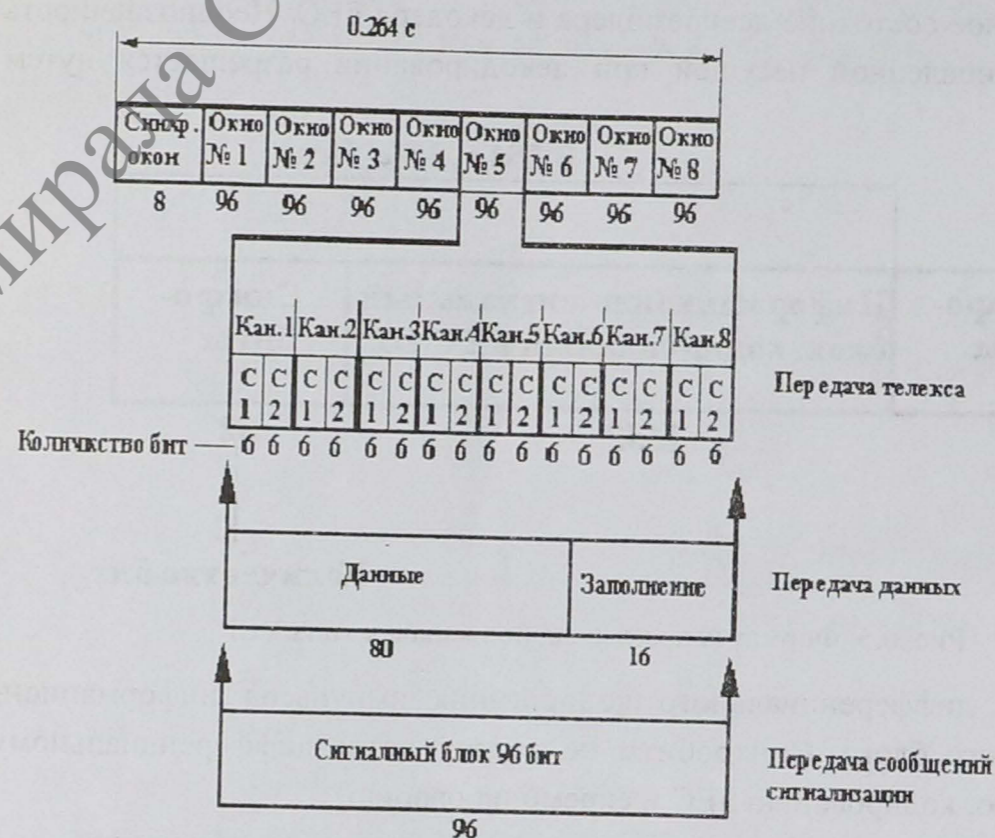


Рис. 6.4. Структура информационно-сигнального блока каналов типа УВР

Условные обозначения:

Кан. 1 – 8 – номера телексных каналов, передаваемых в одном окне;  
С1, С2 – символы телексного сообщения, передаваемого в одном канале

Перед передачей в радиоканале информационно-сигнальный блок проходит процедуру скремблирования и кодирования FEC со скоростью  $\frac{1}{2}$  (см. рисунок гл. 7). Количество бит в нем при этом увеличивается до

$776 / (1/2) = 1552$ . Структура кадра передачи в канале изображена на рис. 6.5.

Длительность кадра передачи в канале типа УВР составляет 0,264 с. В течение этого времени передается информационно-сигнальный блок, кодированный FEC 1/2, и импульсы кадровой синхронизации – синхробиты. Общее количество бит в кадре при этом составляет  $1552 + 32 = 1584$ . Скорость передачи в радиоканале:  $1584 \text{ бит} / 0,264 \text{ с} = 6000 \text{ бит/с}$ .

Передача в радиоканале осуществляется непрерывно. Синхробиты используются для обеспечения кадровой синхронизации, для приведения в первоначальное состояние дескремблера и декодера FEC. Неоднозначность фазы восстановленной несущей при декодировании разрешается путем

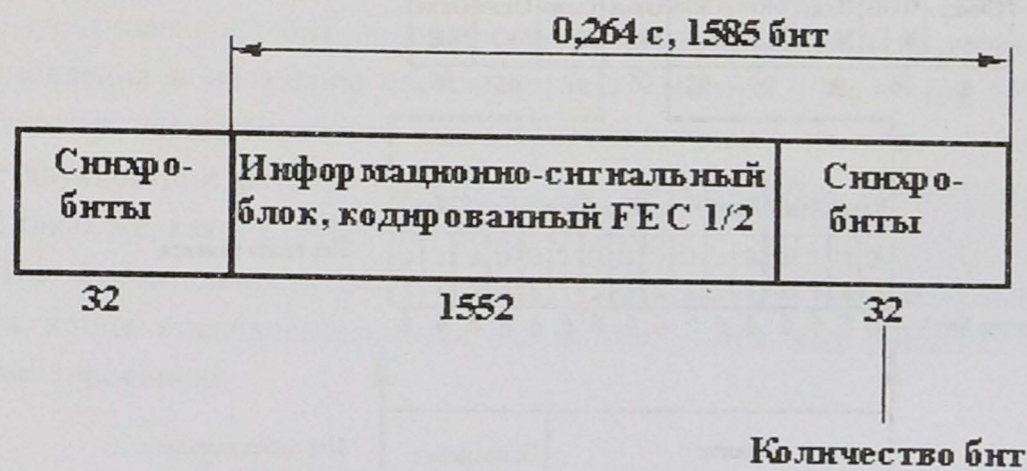


Рис. 6.5. Формат кадра передачи в каналах типа УВР

применения дифференциального кодирования импульсов информационно-сигнального блока. Синхробиты не подвергаются дифференциальному кодированию, кодированию FEC и скремблированию.

В табл. 6.5 показан пример структуры синхропоследовательности.

Таблица 6.5

Структура синхробит

Скорость передачи	6 кбит/с
Модулирующие биты	0000 1010 1110 1100 0111 1100 1101 0010 (всего 32 бит)

#### 6.4. Формат кадра каналов типа МДВР

Информация, передаваемая в каналах типа МДВР, первоначально формируется в виде информационно-сигнальных блоков. Структура информационно-сигнальных блоков в каналах МДВР различна и зависит от передаваемых сообщений.

При передаче телексных сообщений информационно-сигнальный блок размером 134 бит включает 17 символов передаваемого телексного сообщения по 6 бит каждый, идентификатор СЗС размером 24 бит и 8 бит «признака конца кода» (рис. 6.6). Длительность подготовки информационно-сигнального блока к передаче не должна превышать длительности кадра в канале 2376 с (рис. 6.7).

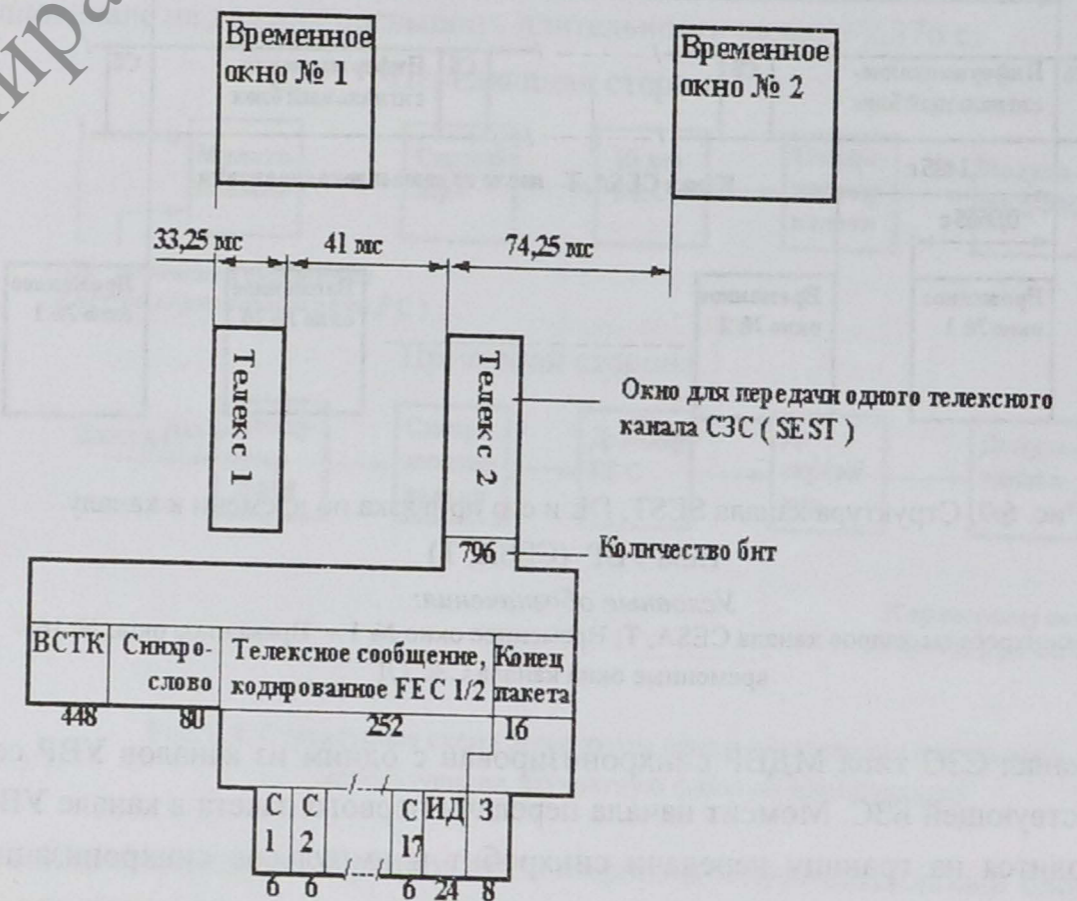


Рис. 6.6. Структура временного окна телексного канала СЗС (SEST)

Условные обозначения:

ВСТК – последовательность, необходимая для восстановления несущей и тактовой синхронизации;  
С 1 – 17 – номера символов телексного сообщения; ИД – идентификационный номер СЗС

Сообщение «признак конца кода», применяемое для обозначения завершения кодирования FEC в пределах каждого пакета, представляет собой последовательность нулей: 00000000, которая позволяет БЗС декодировать принятые пакеты одной СЗС в каждом кадре по отдельности, не ожидая прихода следующего пакета этой же СЗС.

Перед передачей в радиоканале информационно-сигнальный блок проходит процедуру кодирования FEC со скоростью 1/2 (рис. 6.8). Количество бит в нем при этом увеличивается до  $134/(1/2) = 268$ .

Длительность кадра передачи в каналах типа МДВР составляет 2,376 с, что соответствует времени передачи девяти кадров канала типа УВР. Каж-

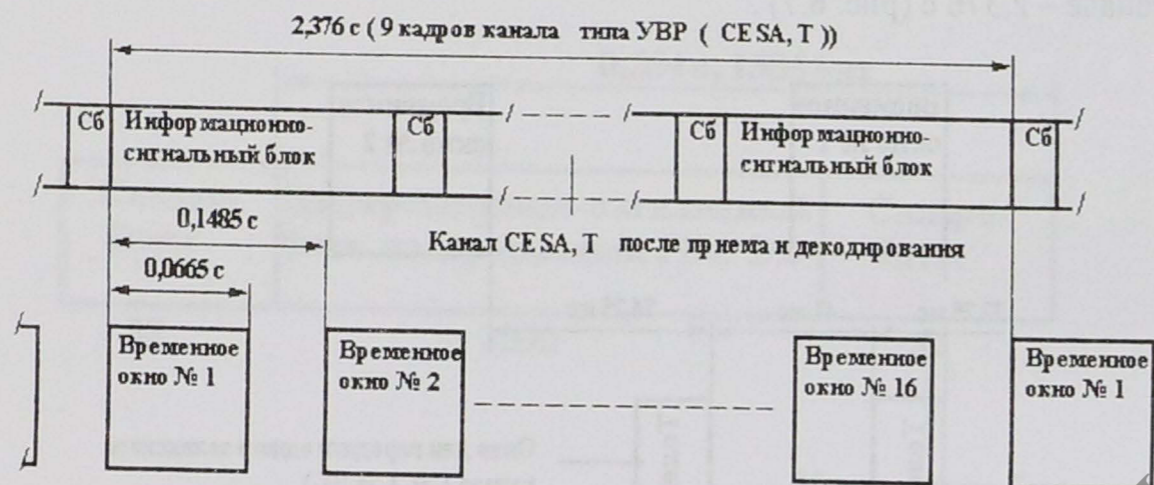


Рис. 6.7. Структура канала SEST, DL и его привязка по времени к каналу типа УВР (CESA, T)

Условные обозначения:

Сб – синхробиты кадров канала CESA, T; Временное окно № 1 – Временное окно № 16 – временные окна канала СЗСТД

дый канал СЗС типа МДВР синхронизирован с одним из каналов УВР соответствующей БЗС. Момент начала передачи первого пакета в канале УВР приходится на границу передачи синхробит и импульсов синхронизации окон в одном из кадров в этом канале.

При передаче телексных сообщений в кадре канала МДВР могут быть размещены 32 временных окна длительностью  $2,376/32 = 0,07425$  с, каждое из которых соответствует одному телекскому каналу одной СЗС. В каждом окне передается пакет информации, включающий сигнал для восстано-

вления несущей и тактовой синхронизации – ВСТК, синхрослово и информационно-сигнальный блок, кодированный FEC 1/2.

Общее количество бит в пакете составляет 796. При скорости передачи в радиоканале 24 кбит/с длительность передачи пакета составит  $796 \text{ бит} / 24000 \text{ бит/с} = 33,17 \text{ мс}$ .

Сигнал ВСТК и синхрослово необходимы для приведения в начальное состояние дескремблера, декодера FEC, для устранения фазовой неоднозначности в детекторе двухкратной фазовой манипуляции.

При передаче данных информационно-сигнальный блок размером 752 бит включает 720 бит данных, передаваемых со скоростью 300 бит/с, идентификатор СЗС размером 24 бит и 8 бит «признака конца кода». Длительность подготовки информационно-сигнального блока к передаче в радиоканале не должна превышать длительности кадра – 2,376 с.



Рис. 6.8. Структурная схема аппаратуры каналообразования для каналов, использующих двукратную фазовую манипуляцию

Перед передачей в радиоканале информационно-сигнальный блок проходит процедуру кодирования FEC со скоростью  $1/2$  (рис. 6.9). Количество бит в нем при этом увеличивается до  $752/(1/2) = 1504$ . При передаче данных со скоростью 300 бит/с в кадре канала МДВР могут быть размещены 16 временных окон длительностью  $2,376 \text{ с} / 16 = 0,1485 \text{ с}$  (см. рис. 6.7). В одном окне при этом передается пакет информации, соответствующий од-

ному каналу ПД, включающий сигналы для восстановления несущей и тактовой синхронизации – ВСТК, синхрослово и информационно-сигнальный блок, кодированный FEC 1/2. Общее количество бит в пакете при этом составляет 2032. При скорости передачи в радиоканале 24 кбит/с длительность передачи пакета составит  $2032 \text{ бит} / 24000 \text{ бит/с} = 84,67 \text{ мс}$ .

### 6.5. Формат кадра каналов типа Aloha

Информация, передаваемая в каналах типа Aloha, первоначально формируется в виде информационно-сигнальных блоков. Информационно-сигнальный блок (см. рис. 6.9) размером 104 бит включает сигнальный блок размером 96 бит и импульсы признака конца кода – 8 бит. Перед передачей в радиоканале информационно-сигнальный блок проходит процедуру кодирования FEC со скоростью 1/2 (см. рис. 6.9). Количество бит в нем при этом увеличивается до  $104/(1/2) = 208$ .

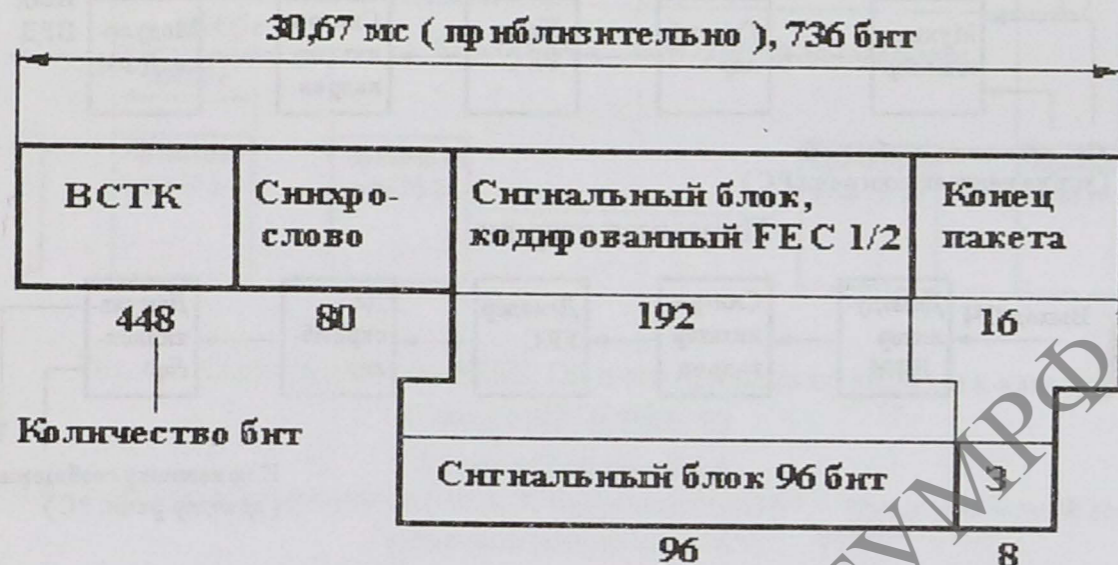


Рис. 6.9. Формат передаваемого пакета в каналах с произвольным доступом (Aloha)

Условные обозначения:

ВСТК – последовательность, необходимая для восстановления несущей и тактовой синхронизации; 3 – биты заполнения

Длительность запросного пакета на этом канале составляет около 30,67 мс. В течение этого времени передаются сигнал для восстановления несущей и тактовой синхронизации – ВСТК, синхрослово и информационно-

сигнальный блок, кодированный FEC 1/2. Общее количество бит при этом составляет 736.

### 7. АППАРАТУРА КАНАЛООБРАЗОВАНИЯ

Аппаратура каналообразования предназначена для формирования сигнала, подлежащего передаче, на поднесущей частоте (на передающем конце), а также для демодуляции и декодирования сигнала промежуточной частоты с целью получения исходной информационной последовательности (на приемном конце).

В системе связи «Инмарсат-В» конфигурация аппаратуры каналообразования зависит от используемого в канале вида модуляции. Для каналов, использующих двухкратную фазовую манипуляцию (ДФМ), аппаратура каналообразования может включать следующие (см. рис. 6.8) блоки (передающий конец):

- мультиплексор – функциональный узел, осуществляющий объединение нескольких входных потоков информации в один выходной поток. В качестве источников информации в этом случае выступают устройство кодирования речи и персональный компьютер;
- скремблер – устройство, предназначенное для преобразования структуры цифрового сигнала без изменения скорости передачи его символов с целью приближения свойств данного сигнала к свойствам случайного сигнала;
- кодер FEC – устройство, предназначенное для помехозащищенного сверточного кодирования сигнала и декодирования по методу Витерби;
- синхронизатор кадров – устройство, предназначенное для включения в формат канала последовательности ВСТК, синхрослова, синхробит и других сигналов синхронизации;
- модулятор ДФМ – устройство, предназначенное для модуляции поднесущего колебания.

На приемном конце (см. рис. 6.8) аппаратура каналообразования содержит блоки, выполняющие операции, обратные операциям блоков передающей части:

- демодулятор ДФМ;

- синхронизатор кадров;
- декодер FEC;
- дескремблер;
- демультимплексор.

Для каналов, использующих относительную фазовую манипуляцию (ОФМ), аппаратура каналаобразования включает те же блоки, что и для каналов с ДФМ. При этом вместо модулятора ДФМ используется модулятор ОФМ, и на приемной и передающей сторонах добавляются блоки для получения (кодер ОФМ) и декодирования (декодер ОФМ) сигналов относительной фазовой манипуляции, как показано на рисунке.



Структурная схема аппаратуры каналаобразования для каналов, использующих двухпозиционную фазовую манипуляцию

## 8. СИСТЕМА КОДИРОВАНИЯ РЕЧИ

В системе связи «Инмарсат-В» для передачи по радиоканалу речевой сигнал подвергается обработке системой адаптивного кодирования с предсказанием APC (APC – Adaptive Predictive Coding). Этот метод кодирования представляет собой дифференциальную импульсно-кодовую модуля-

цию входного сигнала с использованием переменного шага квантования [10].

Система кодирования речи включает устройства для анализа входной последовательности выборок сигнала и определения коэффициентов предсказывающих фильтров больших и малых времен, предсказывающие фильтры больших и малых времен, фильтр, предназначенный для уменьшения шума квантования, квантователь с переменным шагом квантования, устройство для определения среднеквадратического отклонения величины импульсов на входе квантователя. Для оптимизации процесса обработки речевого сигнала в системе кодирования восстанавливается исходный сигнал путем обратного преобразования выходного сигнала системы кодирования, который также используется для оптимизации шагов квантования (рис. 8.1 и 8.2).

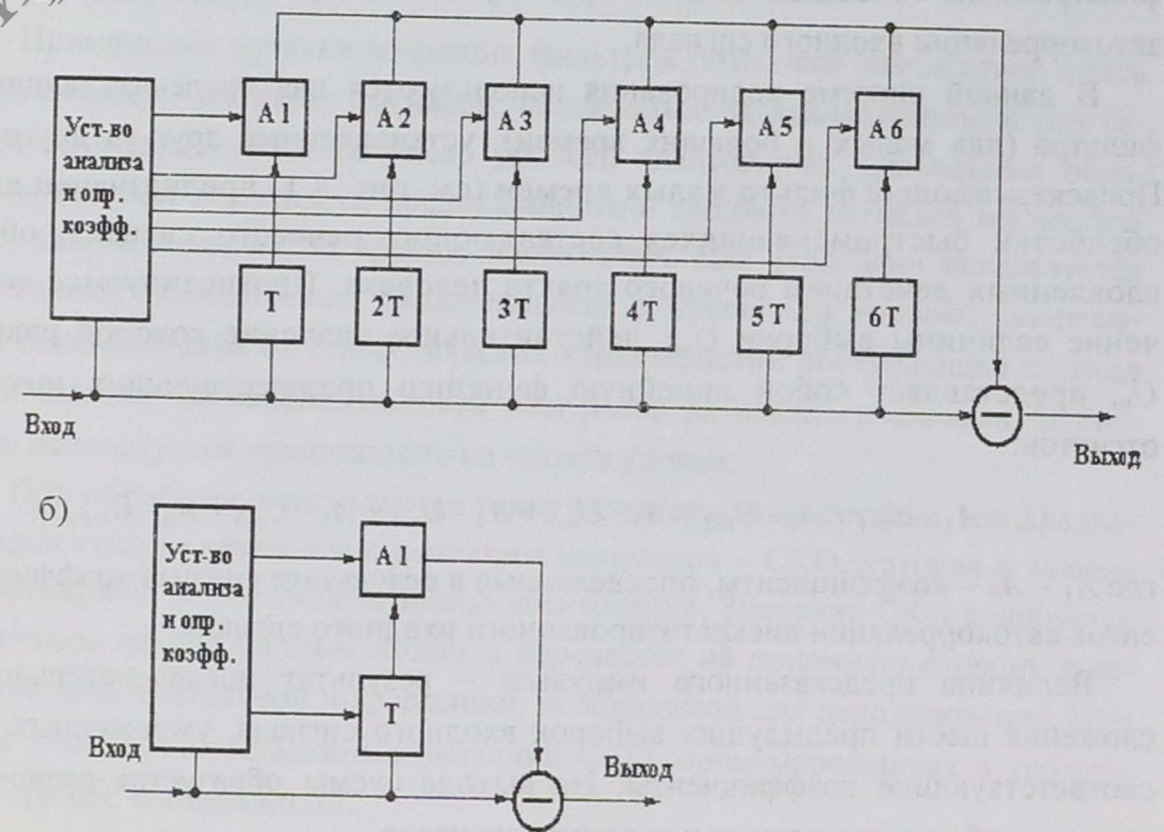


Рис. 8.1. Структурные схемы предсказывающих фильтров: а – малых времен;

б – больших времен

Условные обозначения:

T – 6T – устройства задержки на 1 – 6 интервалов дискретизации; A1 – A6 – умножители с коэффициентами A1 – A6

Перед обработкой в системе кодирования речи осуществляется дискретизация входного аналогового сигнала. Первоначально производится запоминание в буферном запоминающем устройстве выборок от одного 20 мс интервала входного дискретизированного сигнала, что при скорости поступления выборок 6,4 кГц составляет 128 импульсов и рассматривается как один кадр. Принято деление кадра на четыре подкадра по 5 мс, что составляет 32 выборки. Накопленные выборки одного кадра подвергаются в устройстве кодирования многократной обработке.

Первым этапом обработки является получение сигнала, представляющего собой разность между дискретными выборками входного сигнала и импульсами напряжения, величиной которых является предсказанная амплитуда выборки входного сигнала. Предсказание величины очередной дискретной выборки входного сигнала производится предсказывающими фильтрами на основании анализа предыдущих выборок и коэффициентов автокорреляции входного сигнала.

В данной системе кодирования используются два предсказывающих фильтра (для малых и больших времен), установленные друг за другом. Предсказывающий фильтр малых времен (см. рис. 8.1) предназначен для обработки быстроменяющихся составляющих речевого сигнала, обусловленных действием речевого тракта человека. Прогнозируемое значение величины выборки  $U_{-n}$ , действительное значение которой равно  $U_n$ , представляет собой линейную функцию предшествующих шести отсчетов:

$$U_n = A_1 \cdot U_{n-1} + A_2 \cdot U_{n-2} + A_3 \cdot U_{n-3} + A_4 \cdot U_{n-4} + A_5 \cdot U_{n-5} + A_6 \cdot U_{n-6},$$

где  $A_1 - A_6$  – коэффициенты, определенные в результате анализа коэффициентов автокорреляции дискретизированного входного сигнала.

Величина предсказанного импульса – результат последовательного сложения шести предыдущих выборок входного сигнала, умноженных на соответствующие коэффициенты. На выходе схемы образуется разность напряжений предсказанного и входного сигналов.

Предсказывающий фильтр больших времен (см. рис. 8.1, б) предназначен для обработки основного тона речевого сигнала – составляющих с частотами порядка 50 – 100 Гц. Входным сигналом этого фильтра является разностный сигнал на выходе предсказывающего фильтра малых времен.

Прогнозируемое значение выборки  $U_{-n}$ , действительное значение которой равно  $U_n$ , определяется по формуле

$$U_n = A_1 \cdot U(n - kT),$$

где  $A_1$  – коэффициент, определенный в результате анализа автокорреляционной характеристики входного сигнала фильтра больших времен;

$k$  – частота следования входных импульсов (частота дискретизации);

$T$  – период основного тона, кратный частоте дискретизации.

Величины предсказанных импульсов представляют собой входные выборки, задержанные на период основного тона и умноженные на коэффициент  $A_1$ . В устройстве вычитания образуется разность предсказанного и входного сигналов.

Параметры фильтров передаются по каналу связи в качестве дополнительной информации, необходимой для восстановления исходного сигнала на приемном конце.

Применение предсказывающих фильтров позволяет значительно сжать динамический диапазон сигналов, подаваемых на квантователь, и тем самым применить меньшее число уровней квантования. Дальнейшая обработка импульсов разности предсказанного и входного сигналов заключается в квантовании их по уровню напряжения. Для этой цели используется адаптивное квантование, заключающееся в изменении уровней квантования в зависимости от статистических характеристик поступающей на вход квантователя последовательности импульсов разностного сигнала. В системе используется квантователь на четыре уровня.

При обработке используется такая характеристика сигнала, как среднеквадратическое отклонение величины импульсов – СКО, которая и является критерием для величины шагов квантования. Значение СКО кодируется двоичным пятиразрядным кодом и передается на приемную сторону в качестве дополнительной информации, необходимой для декодирования. При этом количество возможных значений СКО, пронумерованных в таблице по порядку, составляет 32.

Номер уровня	0	1	2	...	15	16	17	...	31
Кодовое название	10000	10001	10010	...	11111	00000	00001	...	01111

Для того, чтобы наиболее точно выразить СКО обрабатываемого сигнала одним из этих 32 значений (уровней) и ограничить максимальное передаваемое значение СКО 32-м уровнем, применяются нормирующие коэффициенты. Размерность коэффициентов соответствует размерности СКО. Преобразование значения СКО в подкадре в одно из значений уровня для передачи производится по формуле

$$N = 32 \frac{\lg(1 + 90\hat{N}\hat{E}\hat{I}(k)/m)}{\lg(1 + 90)}$$

где  $N$  – номер уровня кодирования СКО;

$m$  – нормирующий коэффициент.

Имеются четыре таких коэффициента. Выбор одного из них производится следующим образом. Первоначально определяется СКО импульсов каждого подкадра после прохождения ими двух предсказывающих фильтров (рис. 8.2). Определяется наибольшее из этих четырех значений, которое затем сравнивается с величинами коэффициентов нормирования. Выбирается тот коэффициент, значение которого окажется ближе всего к максимальному СКО подкадров. Номер выбранного коэффициента кодируется двумя битами и передается на приемную сторону в качестве дополнительной информации, необходимой для декодирования.

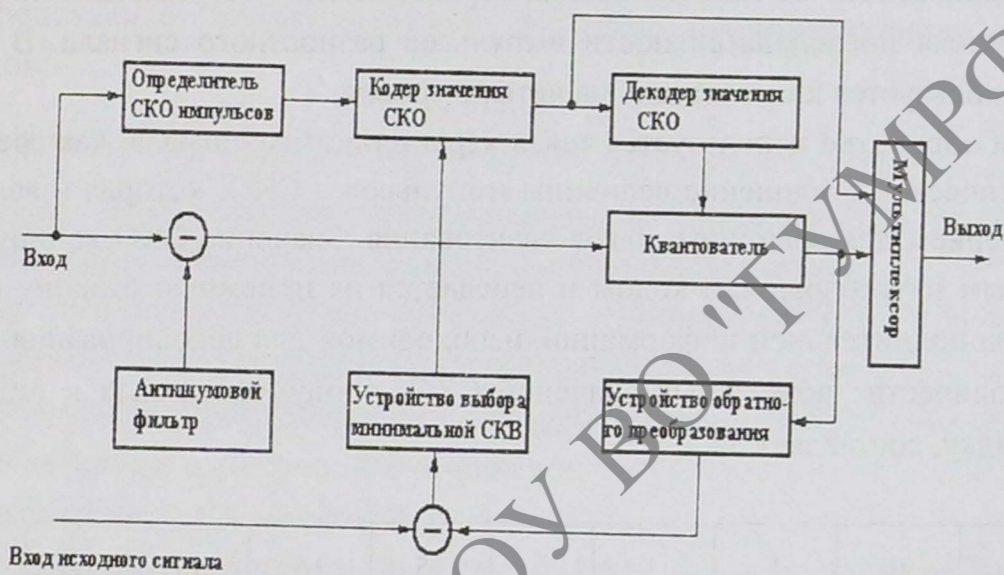


Рис. 8.2. Структурная схема квантователя с переменным шагом квантования

Следующим этапом является оптимизация шагов квантования для каждого подкадра. Критерием оптимальности шагов квантования является минимальное значение среднеквадратической величины (СКВ) разности исходного сигнала и сигнала, восстановленного после квантования. Структурная схема квантователя приведена на рис. 8.2. Для целей восстановления на передающем конце имеется схема, аналогичная декодеру системы обработки речи (рис. 8.3).

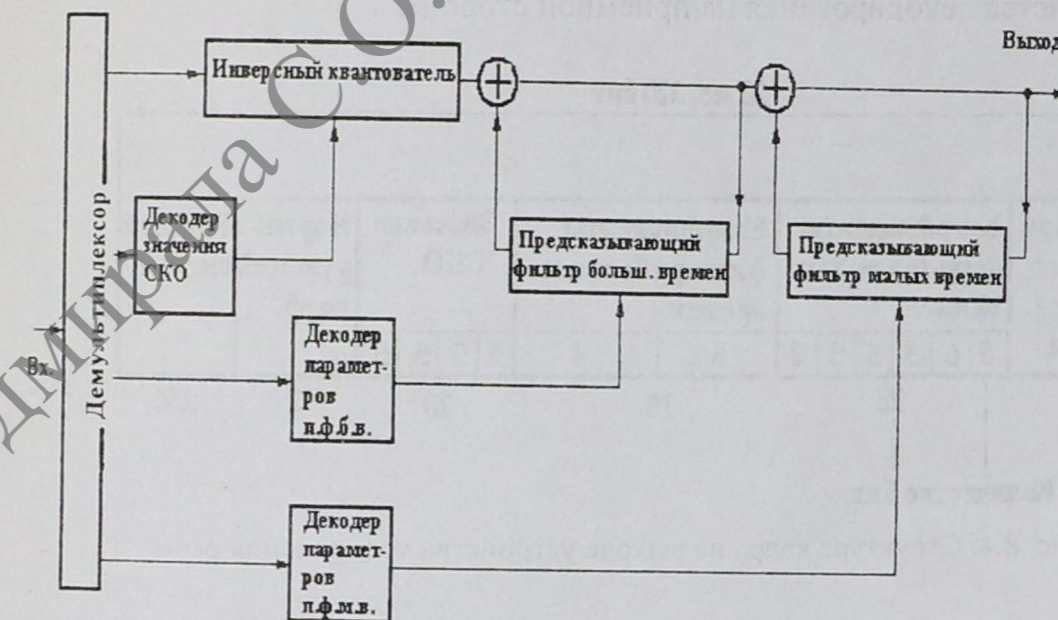


Рис. 8.3. Структурная схема декодера системы кодирования речи

Процесс выбора оптимальных шагов квантования заключается в повторяющемся несколько раз квантовании импульсов одного и того же подкадра с разными шагами, восстановлении сигнала после каждого раза и в нахождении СКВ его разности с исходным сигналом. При этом первый раз шаги квантования устанавливаются в соответствии с определенным ранее значением СКО импульсов подкадра, а впоследствии – в соответствии с ближайшими возможными значениями СКО из 32-х возможных. Обычно берется два значения в большую и меньшую стороны. Оптимальными признаются шаги, при которых СКВ разности минимальна, а значение СКО, в соответствии с которым они были установлены, передается на приемную сторону вместе с квантованным сигналом подкадра для декодирования.

Структура кадра на выходе устройства кодирования речи представлена на рис. 8.4. При дискретизации входного аналогового сигнала с частотой 6,4 кГц количество выборок в четырех подкадрах длительностью 5 мс каждый составляет 128 (20 мс-кадр). Вместе с дополнительной информацией полный объем кадра составляет 320 бит, что при скорости выдачи 16 кбит/с составит также 20 мс. Таким образом, компенсируется включение в кадр дополнительных информационных бит и обеспечивается синхронная работа устройства декодирования на приемной стороне.

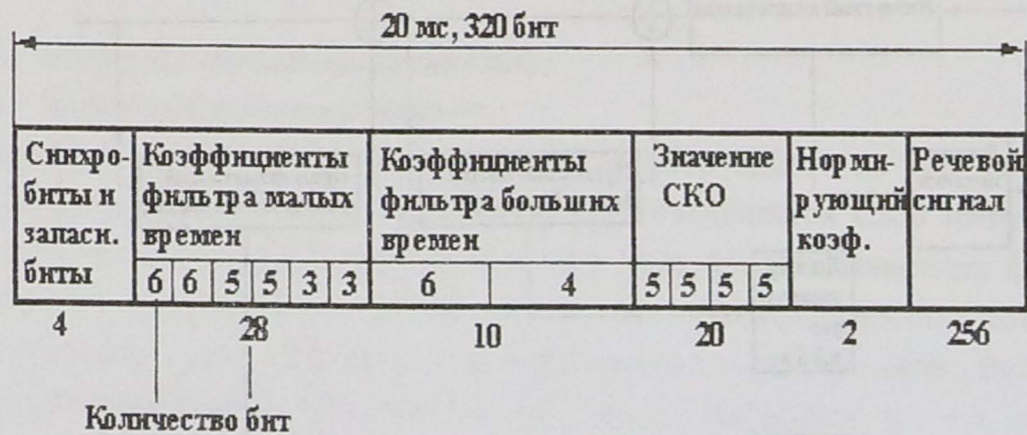


Рис. 8.4. Структура кадра на выходе устройства кодирования речи

В декодирующем (см. рис. 8.3) устройстве в начале каждого кадра производится определение и установка параметров предсказывающих фильтров и квантователя и последующее декодирование информационного сигнала.

Адаптивное квантование позволяет существенно снизить шум квантования и расширить динамический диапазон кодируемых сигналов.

## 9. ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОЕ КОДИРОВАНИЕ

### 9.1. Алгоритм сверточного кодирования

Для повышения верности передачи во всех каналах применяются сверточные коды с последующим декодированием по критерию максимального правдоподобия Витерби.

При сверточном кодировании каждому передаваемому информационному символу соответствует кодовая комбинация из  $n$  символов, образу-

мая в результате определенных алгебраических операций над  $k$  следующими друг за другом информационными символами [6], [10]. Выполняемые при сверточном кодировании алгебраические операции определяются  $n$  порождающими полиномами.

В системе «Инмарсат-В» приняты параметры  $n = 2$ ,  $k = 7$ . Порождающие полиномы имеют вид:

$$G1 = 1 + X^2 + X^3 + X^4 + X^5 + X^6;$$

$$G2 = 1 + X^2 + X^3 + X^6.$$

Схема кодера (рис. 9.1) содержит семиразрядный сдвигающий регистр и два сумматора по модулю 2, входы которых соединены с выходами ячеек регистра в соответствии с полиномами  $G1$  и  $G2$ . После поступления на вход схемы каждого очередного информационного символа на выходе первого и второго сумматоров выдаются первый и второй символы двухэлементных кодовых комбинаций.

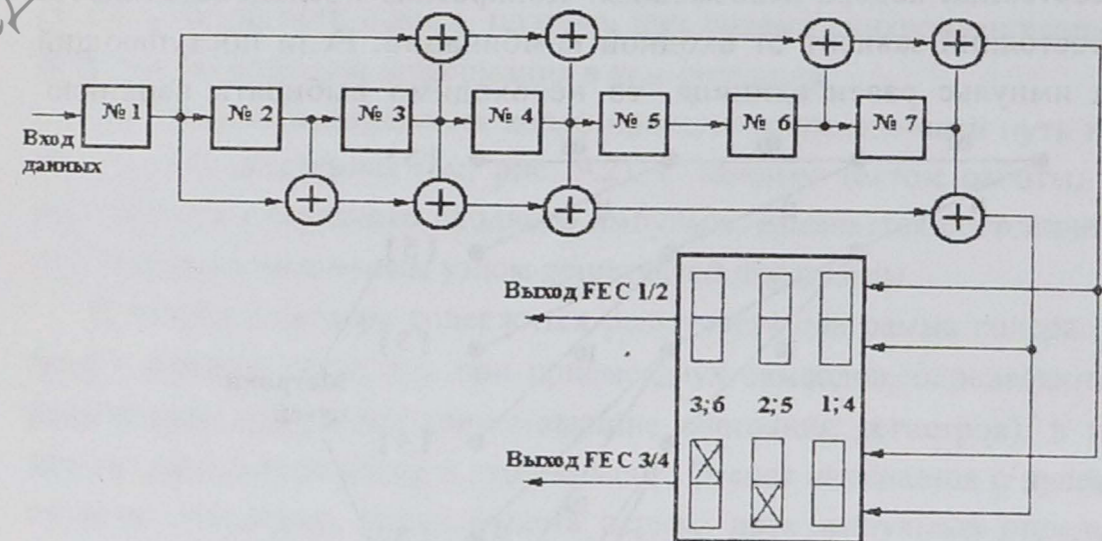


Рис. 9.1. Структурная схема устройства сверточного кодирования

Условные обозначения:

№ 1 – 7 – номера ячеек регистра сдвига; 1, 2, 3, 4, 5, 6 – порядковые номера бит входного сигнала; □ – биты закодированного сигнала, поступающие на выход; ⊗ – исключаемые биты закодированного сигнала

Устройство выбора обеспечивает выдачу для дальнейшей обработки всех импульсов с выходов сумматоров или исключение части из них. В первом случае количество выходных импульсов возрастает в два раза по



сравнению с поступившим количеством на вход. Это соответствует скорости кодирования  $1/2$  и обозначается FEC  $1/2$ . Во втором случае устройство выбора отбрасывает выходной бит сумматора G2 на каждый второй, пятый и т.д. входной символ и выходной бит сумматора G1 на каждый третий, шестой и т.д. входной символ. При этом количество входных бит составляет  $3/4$  от количества выходных бит, что является скоростью кодирования  $3/4$  и обозначается FEC  $3/4$ . При декодировании передачи с этой скоростью на входе декодера вместо исключенных бит вставляются нулевые биты, скорость передачи становится равной  $1/2$  и производится декодирование. Вставленные нулевые биты не влияют на исправляющую способность кода.

Удобным способом описания связи между входными и выходными последовательностями кодера является его решетчатая диаграмма (рис. 9.2), на которой узлами обозначены возможные состояния регистров кодера. Ветви решетчатой диаграммы показывают возможную последовательность смены состояний регистров кодера. Другие последовательности смены состояний кодера невозможны. Конкретная последовательность смены состояний зависит от входной комбинации. Если поступающий на вход импульс равен единице, то необходимо выбирать верхнюю



Рис. 9.2. Решетчатая диаграмма кодера за три такта

выходящую из узла ветвь и по ней определять очередное состояние регистров кодера, если поступающий на вход импульс равен нулю, то необходимо выбирать нижнюю выходящую из узла ветвь. Каждой ветви соответствует кодовая комбинация, передаваемая кодером при переходе из одного состояния в другое. Совокупность ветвей, последовательно ведущих из одного состояния в другое, называется путем.

## 9.2. Алгоритм декодирования по Витерби

Задачу декодирования сверточного кода можно рассматривать как задачу нахождения по решетчатой диаграмме пути, который проходил кодер при передаче последовательности. Это даст возможность восстановить на приемном конце исходную последовательность символов [2], [10].

Процесс декодирования происходит следующим образом. Перед началом работы кодер и декодер устанавливаются в нулевые состояния при помощи синхронизирующих последовательностей. Декодер не содержит в явном виде регистр сдвига, поэтому при приеме синхронизирующего сигнала вся накопленная информация в нем стирается.

В процессе кодирования кодер проходит определенный путь по своей решетчатой диаграмме (см. рис. 9.2). С каждым тактом работы, т.е. при поступлении очередного входного импульса, изменяется состояние регистров, определяемое новым узлом решетчатой диаграммы.

В памяти декодера содержится решетчатая диаграмма кодера. В декодере в каждом такте, т.е. при приеме двух символов, определяются узлы решетчатой диаграммы (описывающие состояния регистров), в которых мог бы находиться кодер в этот момент. Отсчет начинается с нулевого состояния. Например, после приема первых двух импульсов определяется, что кодер может перейти в состояние 0100000 или остаться в состоянии 0000000 в зависимости от входного сигнала. В декодере по ветвям решетчатой диаграммы определяются также пары символов, которые могли бы быть переданы при переходе кодера в эти состояния. При приеме без искажений одна из этих пар должна соответствовать принятой паре импульсов.

В процессе декодирования принятые импульсы сравниваются с теми, которые могли бы быть переданы кодером в очередном такте. Определяется количество двоичных единиц, которыми отличаются пары, т.е. метрик ветвей, и происходит их запоминание.

В следующем такте количество возможных состояний кодера удваивается. Принятая пара импульсов также сравнивается со всеми возможно переданными парами. При каждом сравнении определяется метрика ветви. Ветви объединяются в пути, метрики путей определяются как суммы метрик входящих в них ветвей. Через несколько тактов в памяти декодера окажется множество состояний, в которых мог бы находиться кодер в данный момент.

Глубина прослеживания путей по решетчатой диаграмме определяется схемным решением декодера. Это состояние называется *граничным*. При этом к каждому такому граничному состоянию можно указать несколько путей. В процессе декодирования, как указано ранее, для каждого пути была определена метрика. В граничном состоянии для каждого узла решетчатой диаграммы декодер сравнивает метрики ведущих к ним путей и выбирает путь с наименьшей метрикой. Эти пути называются *выжившими*, остальные стираются из памяти декодера. Из выживших путей вновь выбирается путь с наименьшей метрикой. Выбранный путь принимается за истинный. Считается, то при кодировании кодер проходил именно через состояния этого пути. Поскольку каждому состоянию кодера соответствует пара выходных импульсов, зависящая от входного, в декодере определяются символы, которые переводили кодер в состояния, определенные путем с наименьшей метрикой. Эти символы подаются на выход декодера в качестве декодированной информационной последовательности.

В данном примере показаны метрики путей за три такта работы декодера при приеме комбинации 111000 (переданная комбинация 000000). Решетчатая диаграмма данного кодера содержит большое количество узлов, и для принятия однозначного решения необходимо прослеживать возможные пути на значительную глубину. При этом решетчатая диаграмма примет вид, когда в каждый узел будет вести несколько различных путей. С ростом числа входных символов число узлов на решетчатой диаграмме не растет, а составляет, по-прежнему,  $N = 2^{k-1}$ , где  $k$  – число ячеек в регистре сдвига.

Размер памяти декодера, т.е. глубина прослеживания по решетчатой диаграмме, составляет несколько длин регистров кодера. Граничное состояние на выбранном пути используется в качестве исходного для дальнейшего декодирования. Размер памяти декодера никак не связан с длиной кодируемого сообщения.

Для характеристики исправляющей способности кода используются понятия:

$d$  – минимальное расстояние кода – наименьшее возможное количество единиц в выходной последовательности кодера при переходе из состояния 0000000 в это же состояние при единичном первом входном импульсе.

$C(k)$  – весовой коэффициент – показывает суммарное количество ошибок на выходе декодера, когда вместо передаваемого пути выбираются ошибочные пути, отстоящие от него на число единиц ( $k$ ).

Может быть несколько таких путей с одинаковой величиной ( $k$ ):

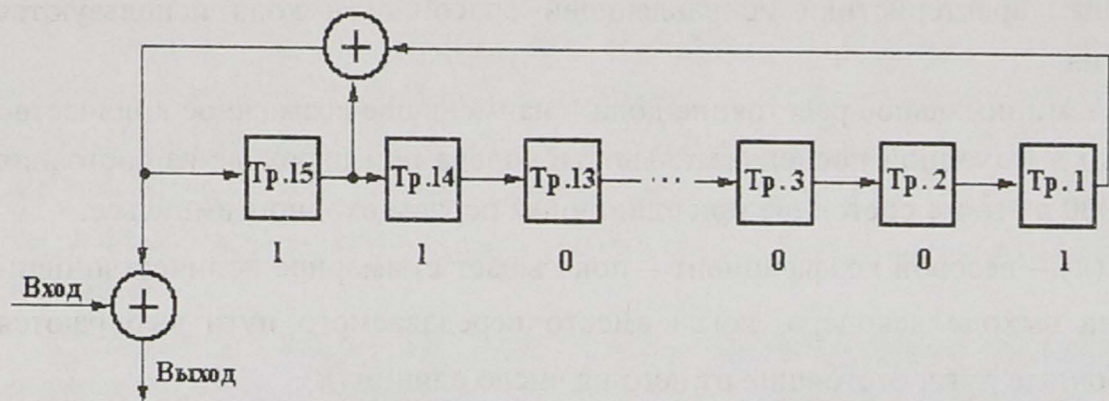
$d$	$c(10)$	$c(11)$	$c(12)$	$c(13)$	$c(14)$
10	36	0	211	0	1404

## 10. СКРЕМБЛИРОВАНИЕ

Иногда сообщения, поступающие на вход каналообразующей аппаратуры (см. рис. 6.5 и 6.6) могут содержать периодические последовательности символов. Периодическая последовательность символов «0» или «1» может привести к серьезным проблемам, например, вызвать появление в спектре передаваемого радиосигнала компонент, которые могут увеличить взаимные помехи между каналами в большей степени, чем случайный цифровой поток. Устранение этого явления производится с помощью скремблирования [10].

*Скремблирование* – это преобразование, существенно увеличивающее период входного цифрового потока при условии обеспечения восстановления исходного цифрового потока с помощью обратного преобразования на приемной стороне, осуществляемого дескремблером. В системе «Инмарсат-В» применяются устройства скремблирования самосинхронизирующего типа. Это означает, что после достаточно большого отрезка цифрового потока без ошибок дескремблер формирует безошибочную копию исходного цифрового потока.

Включение скремблера и дескремблера в цифровой канал связи показано на рис. 6.5 и 6.6. Структурная схема скремблера и дескремблера показана на рисунке (с. 50).



Структурная схема скремблера и дескремблера

Условные обозначения:

Тр. 1 – 15 – номера триггеров регистра; 1,1,0...0,0,1 – основное начальное состояние регистров (110 1001 0101 1001)

Выходной поток скремблера представляет собой сумму по модулю 2 входного потока и псевдослучайной последовательности. Скремблер, формирующий псевдослучайную последовательность, представляет собой регистр сдвига с отводом от промежуточной ячейки. Минимальный период формируемой псевдослучайной последовательности равен пятнадцати тактам и зависит от начального состояния ячеек регистра сдвига.

В системе связи «Инмарсат-В» ячейки регистра сдвига скремблера устанавливаются в определенное состояние по сигналам синхронизации, которое называется *вектором скремблирования*.

Основной вектор скремблирования (состояния ячеек регистра сдвига 110 1001 0101 1001) используется при любых видах связи за исключением связи по каналу типа ОКН в прямом направлении (*берег – судно*). В этом случае СЗС сама назначает вектор скремблирования, который должен будет использоваться береговой станцией для передачи.

Скремблер и дескремблер полностью идентичны. Правильное снятие наложенной ранее псевдослучайной последовательности обеспечивается при установлении регистров скремблера и дескремблера (перед началом обработки сигнала в одинаковые состояния).

Псевдослучайная последовательность скремблера не зависит от поступающих на его вход информационных сигналов. Достоинством такого построения схемы является то, что в случае ошибочного приема символа на выходе дескремблера также появится один ошибочный символ (при усло-

вии правильной установки начального состояния). Этот тип скремблера формирует псевдослучайную последовательность с фиксированным периодом.

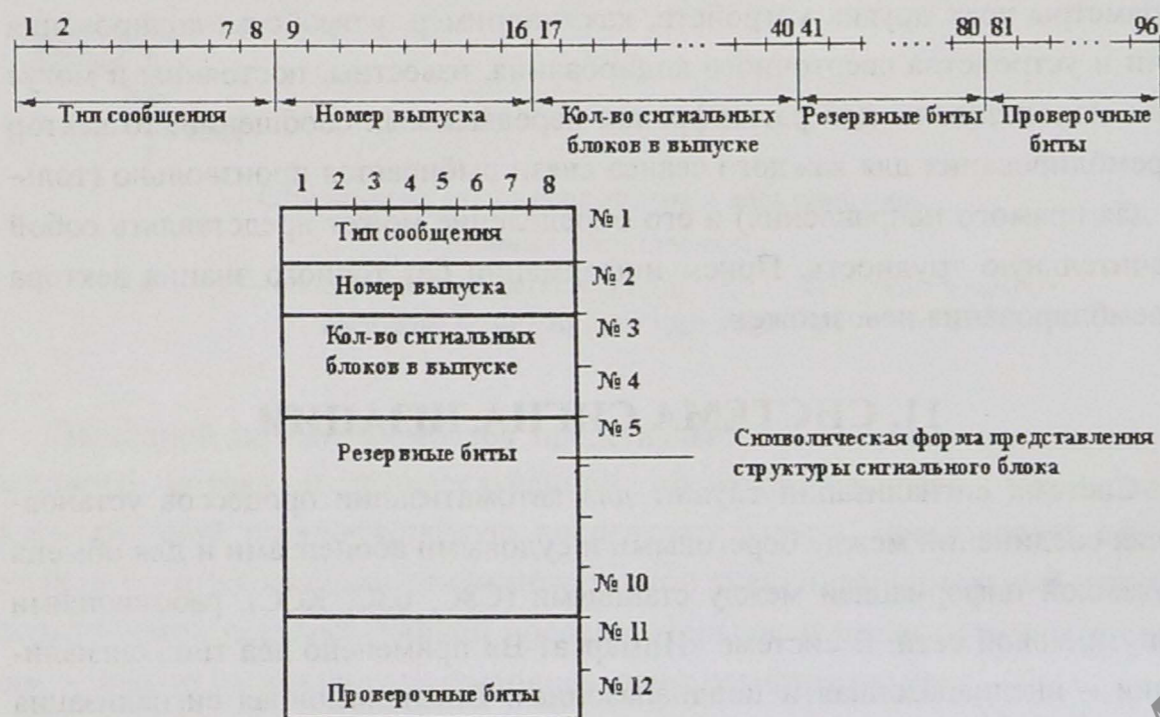
Кроме того, применение скремблирования имеет такое очень важное значение, как защита передаваемой информации от перехвата. Если параметры всех других устройств, как, например, устройства кодирования речи и устройства сверточного кодирования, известны, постоянны и могут быть использованы для расшифровки передаваемых сообщений, то вектор скремблирования для каждого сеанса связи выбирается произвольно (только для прямого направления) и его определение может представлять собой значительную трудность. Прием информации без точного знания вектора скремблирования невозможен.

## 11. СИСТЕМА СИГНАЛИЗАЦИИ

Система сигнализации служит для автоматизации процессов установления соединений между береговыми и судовыми абонентами и для обмена служебной информацией между станциями (СЗС, БЗС, КСС), работающими в спутниковой сети. В системе «Инмарсат-В» применено два типа сигнализации – внедиапазонная и поддиапазонная. Внедиапазонная сигнализация осуществляется по специально выделенным для нее каналам на этапе установления соединения между СЗС и БЗС до занятия рабочего канала. Поддиапазонная сигнализация используется при взаимодействии оконечных аппаратов судового и берегового абонентов после занятия выделенного рабочего канала.

Все сообщения внедиапазонной и поддиапазонной сигнализаций в системе «Инмарсат-В» формализованы и представляют собой 96-битовые пакеты – сигнальные блоки (см. рисунок с. 52). Такой размер сигнального блока и используемый способ заполнения его «емкости» позволяют передавать большое число команд системы сигнализации. Всего применяется около 65-ти различных по значению сигнальных блоков, которые удовлетворяют потребности поддиапазонной и внедиапазонной сигнализаций. Формат каждого из этих сигнальных блоков позволяет передавать множество различных сообщений. Так, например, сигнальный блок со значением «индикатор причин отказа» позволяет передавать около 60-ти различных причин отказа в обработке вызовов. Но при этом одно-

временно может быть передано только одно сообщение. В сигнальных блоках в зависимости от назначения содержатся идентификационные номера (ID) СЗС, БЗС и КСС, а также идентификационные номера подключенных к СЗС периферийных устройств (телекс, факс, ПК и т.п.).



Структурная схема сигнального блока «начало доски объявлений»

Условные обозначения:

1 – 96 – порядковые номера передаваемых бит; № 1 – 12 – порядковые номера блоков из 8 бит (октетов)

Согласно приведенной структуре сигнального блока «начало доски объявлений», в общей сложности любой сигнальный блок может содержать до пятнадцати различных информационных полей в зависимости от своего назначения. Во многих сигнальных блоках остаются резервные биты, которые не несут никакой информации. Поле резервных бит при передаче в прямом направлении (*берег – судно*) заполняется случайной последовательностью нулей и единиц, взятой от постоянно работающего генератора случайных битовых сообщений. При передаче в обратном направлении (*судно – берег*) поле резервных бит заполняется нулями. Такой порядок применен для защиты передаваемой информации. Если бы в периодически

повторяющихся сигнальных блоках (например, в сигнальном блоке «заполнение») передавалась нулевая последовательность, то стало бы возможным определение вектора скремблирования, используемого при обмене по цифровым речевым каналам и при этом стал бы возможным перехват передаваемой информации. Вектор скремблирования выбирается и назначается на сеанс связи только для прямого направления. В обратном направлении используется основной вектор скремблирования, поэтому нет необходимости исключать периодически повторяющиеся последовательности нулевых бит.

Последние 16 бит каждого сигнального блока используются для выявления ошибок, которые могут появиться при передаче. При этом над первыми 80 битами производятся алгебраические операции с использованием двух полиномов 15- и 16-ти степеней. При приеме путем обратных операций определяется, содержит ли данный сигнальный блок ошибки. Возможные ошибки при этом не исправляются, сигнальный блок считается непринятым и запрашивается его повторение либо система ожидает повторной его передачи. Для принятия сигнального блока к обработке необходим безошибочный прием.

## 12. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

### 12.1. Работа БЗС в режиме голосового активатора

При обмене информацией между БЗС и СЗС по каналу ОКН в режиме телефона БЗС работает в режиме голосового активатора – режиме включения излучения передатчика только во время звучания речи берегового абонента. Переключению в этот режим предшествует пауза в разговоре длительностью около 120 мс, во время которой передается «молчание». Затем аппаратура переходит в режим ожидания поступления информации. Излучения при этом не происходит.

Во время длинных пауз каждую минуту передается сигнал, представляющий собой пять последовательно передаваемых сигнальных блоков со значением «поддержка канала». Передача осуществляется в обычном для данного канала формате. В информационных полях кадров при этом передается «молчание». Время передачи составляет около 400 мс.

При поступлении в канал информации излучение будет продолжаться непрерывно до возникновения следующей паузы. В отличие от БЗС, СЗС при возникновении паузы в разговоре своего абонента не прекращает излучение. В информационных полях кадров передачи при этом передается «молчание».

## 12.2. Регулирование мощности

Возможность установки необходимой мощности передатчика в прямом и обратном направлениях – обязательная функция для БЗС и СЗС соответственно. Целью управления мощностью является экономия мощности спутника в прямом направлении в  $L$ -диапазоне на каналах ПД и речевых каналах типа ОКН, и гарантия того, что СЗС излучают с необходимым уровнем мощности в обратном направлении на всех каналах. Мощности, устанавливаемые в прямом и обратном направлениях, зависят от конкретного обслуживающего данную сеть спутника.

Система регулирования мощности в прямом направлении представляет собой систему регулирования без обратной связи, работа которой зависит от имеющейся на БЗС информации об угле возвышения антенны СЗС, направленной на спутник. Эта информация используется для регулирования установленной выходной мощности БЗС в соответствии с диапазоном регулировки, продиктованным БЗС организацией «Инмарсат». СЗС непрерывно отслеживает угол возвышения своей антенны. Его среднее значение хранится в памяти СЗС и передается на БЗС как часть вызывного или подтверждающего пакета при установлении связи.

Значения мощности, устанавливаемой для передатчика БЗС, для канала ПД или телефонного при использовании величины угла возвышения антенны СЗС в зависимости от характеристик спутникового ретранслятора для двух зон, следующие:

- угол возвышения – ЭИИМ;
- зона антенны СЗС, град, – БЗС;
- $1 < 10 X + 2,5$  дБ·Вт;
- $2 > 10 X$  дБ·Вт.

Для БЗС, находящейся на границе рабочей зоны спутника «Инмарсат» первого или второго поколения, номинальное значение  $X = 53$  дБ·Вт.

Применяемая на каналах «Инмарсат-В» система сигнализации позволяет использовать восемь зон регулирования мощности.

Для регулирования мощности передачи СЗС (в обратном направлении) КСС в своей сводке передает значения ЭИИМ СЗС, которые должны использоваться. Номинальные значения этих ЭИИМ зависят от поколения спутника, обслуживающего океанский регион.

Поколение ИСЗ «Инмарсат» ЭИИМ:

1 – 33 дБ·Вт;

2 – 33 дБ·Вт;

3 – 24 дБ·Вт

(так же, как и для точечных лучей).

СЗС могут менять мощность через 3 дБ·Вт. Система сигнализации обеспечивает возможность широкой регулировки мощности СЗС в случае необходимости.

## 12.3. Передача КСС сводок

Каждая КСС осуществляет передачу сводок или «доски объявлений», которые предназначены для обеспечения СЗС информацией о текущем состоянии сети в части частот для каналов сигнализации и уровнях ЭИИМ СЗС. Передача производится с помощью сигнальных блоков по каналу NCSC. В «доске объявлений» содержатся указания на действующие в момент передачи каналы связи и сигнализации, указывается расположение на орбите обслуживающего сеть спутника и уровень ЭИИМ СЗС, необходимый для работы со спутником, общее число сигнальных блоков в сводке для возможности корректировки на СЗС данных о состоянии сети. Полностью сводка может быть передана не более чем за 5 мин в зависимости от числа работающих БЗС и задействованных частот и записывается в энерго-независимое запоминающее устройство СЗС. Прием ведется в случае, если станция не используется для ведения связи.

Каждый сигнальный блок в сводке представляет собой законченный пакет информации. В сигнальных блоках, обозначающих начало и конец сводки, передается ее порядковый номер и общее число сигнальных блоков в данной сводке. Все СЗС стандарта «В» в дежурном режиме принимают

канал NCSC и отслеживают временные окна, содержащие служебные сетевые сообщения. Передача ведется в телексной форме.

Служебные сетевые сообщения печатаются или отображаются на дисплее СЗС. Их передачи повторяются периодически, каждое сообщение содержит номер и фиксируется СЗС один раз.

Передача служебных сетевых сообщений организована как односторонний (*берег – судно*) групповой телексный вызов всех судов в зоне одной КСС. Номер передаваемого сообщения содержится в сигнальных блоках, передаваемых на общем канале СКС.

Служебные сетевые сообщения имеют более низкий приоритет, чем дуплексный телексный вызов, организуемый судном. Таким образом, судно может прервать прием этого сообщения для установления соединения с БЗС, но вызов, поступающий с БЗС, не может прерываться приемом служебного сетевого сообщения на СЗС.

#### 12.4. Работа в глобальных и точечных лучах

Спутники системы «Инмарсат», запускаемые с 1995 г. (третьего поколения) и более ранние спутники поколения «Инмарсат-2А», несут на себе антенны для создания точечных лучей (*S*) в *L*-диапазоне для улучшения эффективности использования мощности и ширины диапазона. Система сигнализации «Стандарт-В» дает возможность СЗС работать с такими спутниками путем отслеживания СЗС точечного луча и передачи этой информации на БЗС.

Наилучший способ для определения судном соответствующего ему точечного луча – это передача в каждом луче несущей для его идентификации СЗС. Частота идентификации каждого точечного луча в спутниковой сети передается в сводке КСС на канале NCSC. На этой частоте в каждом луче организован канал NCSA, на котором передается сводка КСС. Никакой другой нагрузки, кроме обозначения точечного луча, этот канал не несет.

Каждые восемь часов СЗС периодически просматривает все частоты, идентифицирующие точечные лучи. Один из точечных лучей, который может использоваться судном для ведения обмена, определяется путем сравнения количества ошибок и силы сигнала во всех принимаемых в данный момент несущих точечных лучей и выбора наилучшей из них. Соответствующий данному лучу идентификационный номер, известный из информации в сводке

КСС, запоминается в памяти СЗС и при запросе канала для ведения связи указывается в запросном пакете. При переходе судна в зону действия другого точечного луча, определенного в результате очередного просмотра несущих, информация в памяти СЗС корректируется и также используется при установлении связи.

Выделение рабочей частоты в точечном луче производится при наличии свободных частот. В противном случае, назначается частота в глобальном луче (*G*).

### 13. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕЛЕФОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

#### 13.1. Идентификация телефонных терминалов

В системе «Инмарсат-В» принят определенный порядок присвоения терминалам телефонных номеров, для того, чтобы дать возможность абоненту береговой сети адресовать сообщения СЗС.

Структура номера телефонного терминала имеет вид:

87S T RON Z1\_Z2\_0,

где 87S – «код страны», присвоенный «Инмарсат-В» для режима телефонии. *S* = 1 – для АОР-В, *S* = 2 – для ТОР, *S* = 3 – для ИОР, *S* = 4 – для АОР-З;

*T* – цифра, обозначающая систему «Инмарсат» (для «Инмарсат-В» *T* = 3);

RON (Routing Organization Number) – первые шесть цифр международного регистрационного номера судна;

Z1\_Z2\_ – цифры, обозначающие номер терминала на судне либо номер канала многоканальной СЗС, либо номер одной из СЗС на судне, либо терминал для специальных видов связи, например факсимиле Группы-3.

#### 13.2. Организация дуплексных телефонных соединений

В системе «Инмарсат-В» режим обеспечения дуплексной телефонной связи является обязательным для терминалов (СЗС) всех типов. Телефонная связь осуществляется по каналам типа ОКН со скоростью передачи в канале 24000 бит/с [9].

### 13.2.1. Вызов по инициативе берегового абонента

Последовательность действий СЗС, КСС и БЗС при установлении соединения этого типа показана на рис. 13.1.

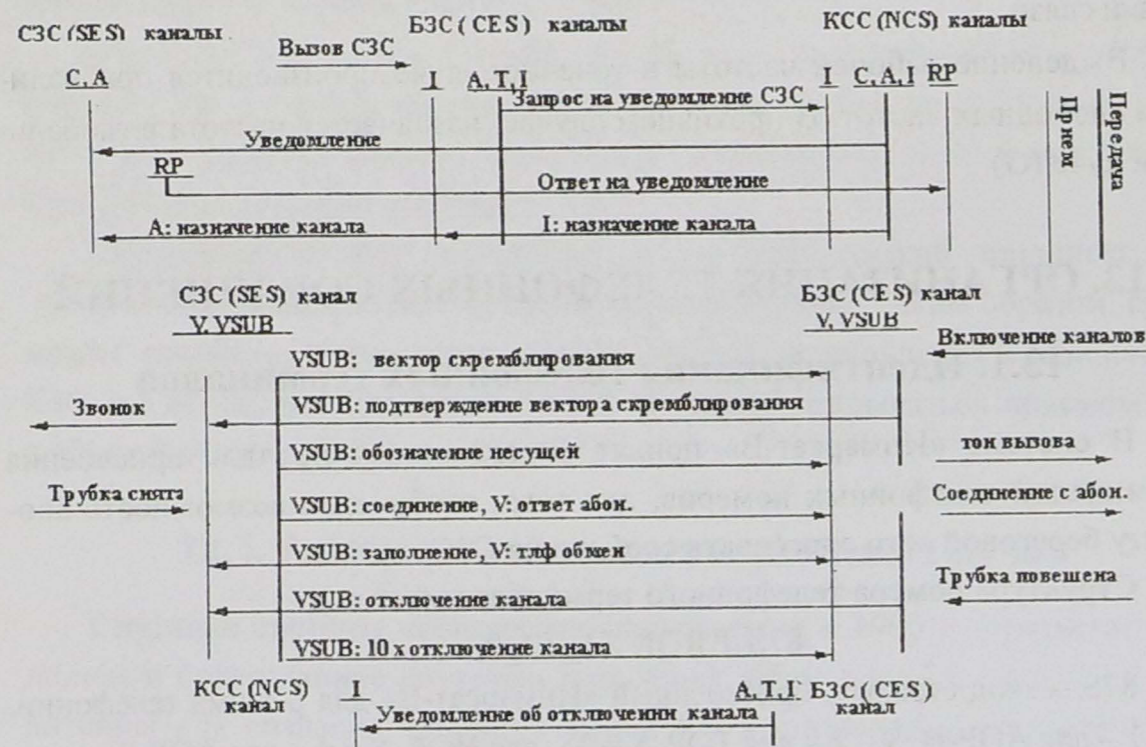


Рис. 13.1. Порядок установления дуплексного телефонного соединения по инициативе берегового абонента

Стрелки указывают моменты времени, в течение которых в данном канале ведется передача для указанного абонента (БЗС, СЗС или КСС) или меняется содержание передачи.

При поступлении телефонного вызова СЗС от берегового абонента на БЗС, последняя передает сообщение соответствующей КСС о поступлении вызова в адрес СЗС. Сообщение передается по каналу CESI (межстанционной сигнализации) при помощи сигнального блока «запрос на уведомление», содержащего ИД вызываемой СЗС, тип вызова, при наличии нескольких телефонных терминалов – номер терминала. При этом БЗС включает вызываемую СЗС в свой список занятости. Затем КСС производит уведомление СЗС о поступлении телефонного вызова в ее адрес по каналу NCSC, А (общему и назначения). Прием сообщений по данному каналу осуществляется включенной СЗС постоянно. Уведомление производит-

ся при помощи соответствующего сигнального блока. При этом КСС включает СЗС в свой список занятости.

При получении уведомления в свой адрес СЗС подтверждает прием по каналу SESRP (ответному) при помощи соответствующего сигнального блока (рис. 13.2). Момент передачи при этом синхронизирован с каналом NCSC, А (общим и назначения).

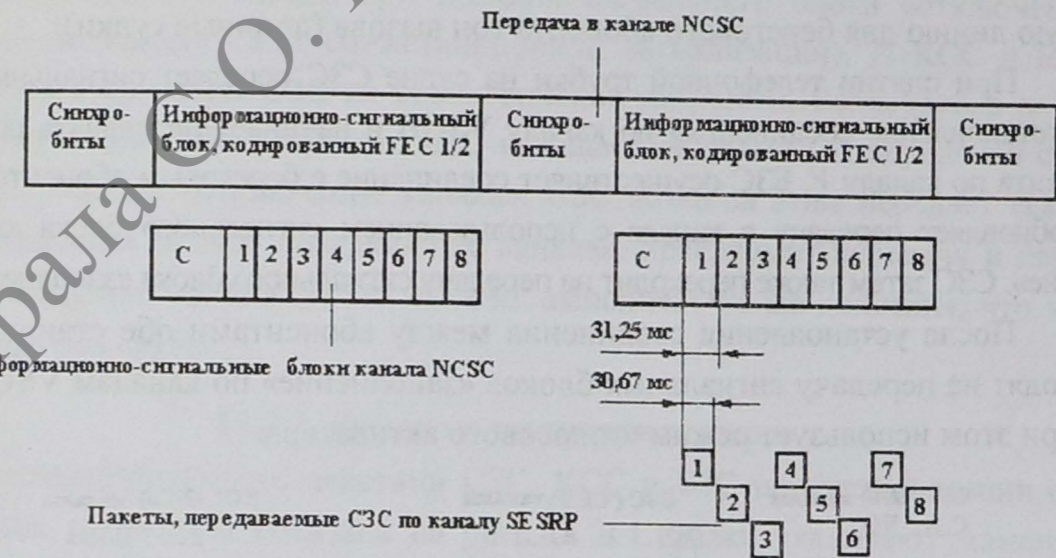


Рис. 13.2. Временная привязка пакетов канала SESRP к каналу NCSC

Условные обозначения:

С – импульсы синхронизации окон в информационно-сигнальном блоке

После получения подтверждения КСС производит назначение телефонного канала для обмена между СЗС и БЗС. Назначение производится по каналу NCSI (межстанционной сигнализации) – для БЗС, по каналу NCSC, А (общему и назначения) – для СЗС при помощи соответствующих сигнальных блоков. При этом СЗС и БЗС настраивают свои приемники и передатчики на соответствующие частоты.

После настройки на соответствующий канал СЗС начинает передавать по каналу VSUB (поддиапазонной сигнализации) при помощи соответствующего сигнального блока вектор скремблирования, который будет использоваться ею для приема. При этом выбор этого вектора делается произвольно, по случайному закону. Передачу СЗС производит с использованием основного вектора скремблирования, содержащегося в ее памяти. БЗС, соответственно, для приема использует основной вектор скремблирования, а для передачи – полученный от СЗС. Окна в кадре, выделенные для

передачи закодированного речевого сигнала (канал *V* – цифровой речевой), заполняются случайной последовательностью бит.

СЗС ведет передачу вектора скремблирования до момента получения от БЗС по каналу VSUB (поддиапазонной сигнализации) сигнального блока «подтверждение вектора скремблирования». При этом она переходит на передачу сигнального блока «обозначение несущей» и включает телефонный звонок. БЗС в это время прекращает передачу и посылает в телефонную линию для берегового абонента тон вызова (длинные гудки).

При снятии телефонной трубки на судне СЗС передает сигнальный блок «установление соединения» по каналу VSUB и начинает передавать речь абонента по каналу *V*. БЗС осуществляет соединение с береговым абонентом и возобновляет передачу в канале с использованием сигнального блока «заполнение». СЗС затем также переходит на передачу сигнального блока «заполнение».

После установления соединения между абонентами обе станции переходят на передачу сигнальных блоков «заполнение» по каналам VSUB. БЗС при этом использует режим «голосового активатора».

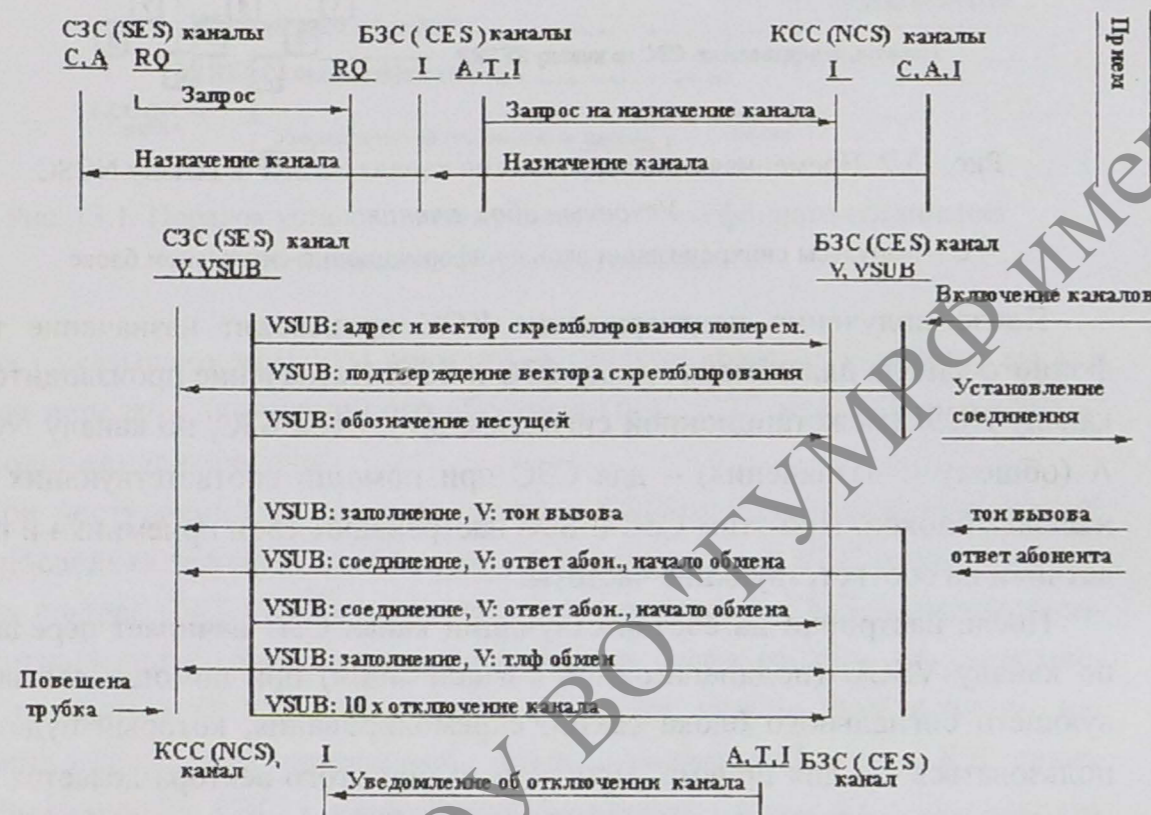


Рис. 13.3. Порядок установления дуплексного телефонного соединения по инициативе судна

Окончание обмена определяется моментом, когда телефонная трубка повешена одним из абонентов. Если это сделано на судне (рис. 13.3), то СЗС передает по каналу VSUB 10 сигнальных блоков «отключение канала», вслед за этим прекращая передачу и переходя на прием канала NCSC, А.

БЗС отслеживает прекращение работы СЗС и уведомляет КСС об отключении данного канала при помощи сигнального блока «отключение канала» по каналу CESI (межстанционной сигнализации). И КСС и БЗС исключают при этом СЗС из своих списков занятости. Если трубка повешена береговым абонентом, то БЗС извещает об этом СЗС передачей сигнальных блоков «отключение канала». СЗС вслед за этим передает также 10 сигнальных блоков «отключение канала», прекращает передачу и переходит на прием канала NCSC, А. БЗС выполняет те же действия, что и в предыдущем случае.

### 13.2.2. Вызов по инициативе судна

Последовательность действий СЗС, КСС и БЗС при установлении соединения этого типа показана на рис. 13.3. Стрелки указывают моменты времени, в которые в данном канале ведется передача для указанного абонента (БЗС, СЗС или КСС) или меняется содержание передачи.

После набора номера судовым абонентом СЗС по каналу SESRQ (запросному) передает выбранной БЗС запрос на установление телефонного соединения при помощи сигнального блока «запрос канала». Сигнальный блок содержит тип требуемого канала и угол возвышения антенны СЗС, необходимый для реализации функции регулирования мощности на несущей прямого направления. Номер канала SESRQ каждой БЗС передается КСС в «доске объявлений» и запоминается СЗС.

При получении запроса от СЗС, БЗС по каналу CESI (межстанционной сигнализации) направляет на КСС запрос о выделении телефонного канала при помощи соответствующего сигнального блока. И БЗС, и КСС при этом включают СЗС в свои списки занятости.

КСС производит назначение телефонного канала для обмена между СЗС и БЗС. Назначение производится по каналу NCSI (межстанционной сигнализации) – для БЗС, по каналу NCSC, А (общему и назначения) – для СЗС при помощи соответствующих сигнальных блоков. При этом СЗС и БЗС настраивают свои приемники и передатчики на соответствующие частоты.



После настройки на соответствующий канал СЗС начинает передавать по каналу VSUB (поддиапазонной сигнализации) при помощи соответствующих сигнальных блоков вектор скремблирования и адрес берегового абонента. Эти сигнальные блоки передаются поочередно.

Передаваемый вектор скремблирования будет использоваться СЗС для приема. При этом выбор данного вектора осуществляется произвольно по случайному закону. Передачу СЗС производит с использованием основного вектора скремблирования, содержащегося в ее памяти. БЗС, соответственно, для приема использует основной вектор скремблирования, а для передачи – полученный от СЗС. Окна в кадре, выделенные для передачи закодированного речевого сигнала (канал V – цифровой речевой), заполняются случайной последовательностью бит. СЗС ведет передачу вектора скремблирования и адреса до момента получения от БЗС по каналу VSUB (поддиапазонной сигнализации) сигнального блока «подтверждение вектора скремблирования». При этом она переходит на передачу сигнального блока «обозначение несущей». В этот момент БЗС прекращает излучение на данном канале и начинает процедуру установления соединения с береговым абонентом. При получении тонов по телефонной линии БЗС возобновляет передачу на данном канале с сигнальными блоками «заполнение» по каналу VSUB и тоном телефонной линии по каналу V.

Когда трубка снята береговым абонентом, БЗС переходит на передачу сигнальных блоков «соединение» по каналу VSUB и речи абонента по каналу V. После этого СЗС переходит на передачу сигнальных блоков «соединение» и речи своего абонента. Процедура установления соединения при этом заканчивается. Обе станции переходят на передачу сигнальных блоков «заполнение» во время телефонного обмена. БЗС при этом работает в режиме «голосового активатора». Окончание обмена определяется моментом, когда телефонная трубка повешена одним из абонентов.

Если трубка повешена береговым абонентом (см. рис. 13.1), то БЗС извещает об этом СЗС передачей сигнальных блоков «отключение канала». СЗС вслед за этим передает также 10 сигнальных блоков «отключение канала», прекращает передачу и переходит на прием канала NCSC, А. БЗС отслеживает прекращение работы СЗС и уведомляет КСС об отключении данного канала при помощи сигнального блока «отключение канала» по

каналу CESI (межстанционной сигнализации). КСС и БЗС исключают при этом СЗС из своих списков занятости.

Если трубка повешена судовым абонентом, СЗС передает по каналу VSUB 10 сигнальных блоков «отключение канала», вслед за этим прекращая передачу и переходя на прием канала NCSC, А. БЗС производит при этом такие же действия, как и в предыдущем случае.

### 13.3. Установление симплексных соединений

При получении заказа на установление симплексного телефонного соединения БЗС посылает запрос на уведомление в адрес КСС при помощи соответствующего сигнального блока (рис. 13.4). КСС, в свою

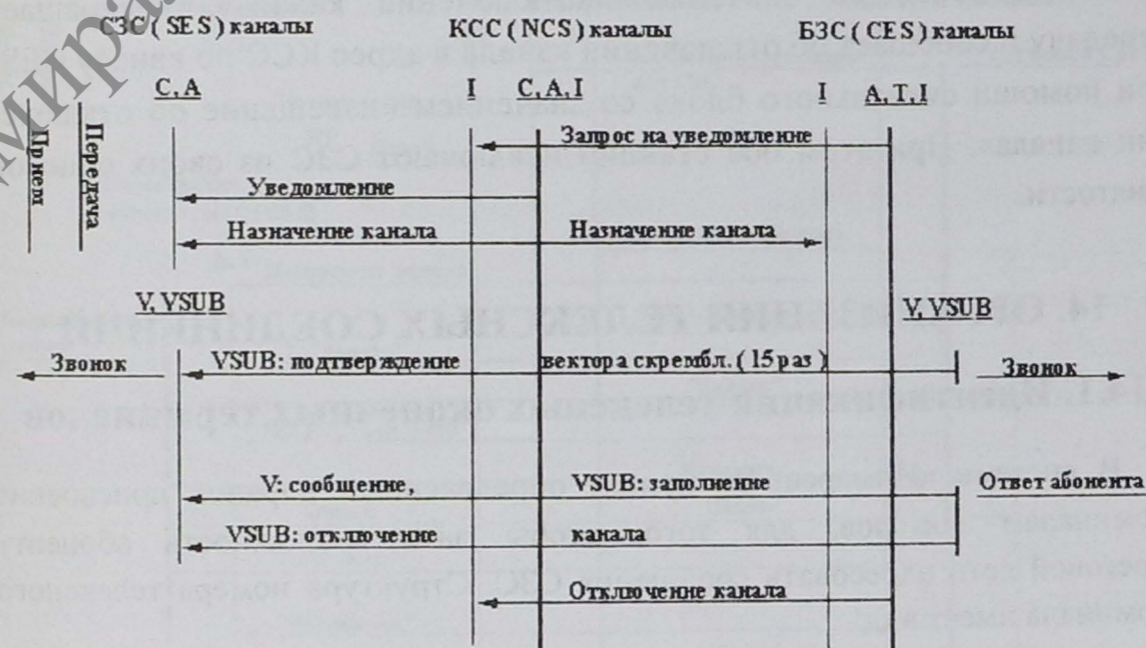


Рис. 13.4. Порядок установления симплексного телефонного соединения по инициативе берегового абонента

очередь, посылает уведомление в адрес СЗС и через определенное время производит назначение рабочего канала в адрес СЗС по каналу NCSC, А и в адрес БЗС по каналу NCSI при помощи соответствующих сигнальных блоков. Обе станции при этом включают СЗС в свои списки занятости. После приема информации о назначении канала БЗС посылает в адрес СЗС 15 сигнальных блоков «подтверждение вектора скремблирования». БЗС после передачи всех 15-ти сигнальных блоков

прекращает излучение и производит посылку по береговой телефонной линии тона вызова в адрес берегового абонента в течение определенного времени. СЗС после приема по меньшей мере одного сигнального блока включает телефонный звонок для извещения оператора о предстоящей передаче сообщения. По истечении времени ожидания БЗС возобновляет передачу с использованием сигнальных блоков заполнения и посылает береговому абоненту сигнал ответа (снятие трубки судовым абонентом). Это происходит без фактического уведомления со стороны СЗС. Далее происходит передача симплексного сообщения.

После окончания передачи сообщения береговым абонентом (на берегу повешена трубка) БЗС переходит на передачу в адрес СЗС сигнальных блоков со значением «отключение канала», прекращает передачу и сообщает об отключении канала в адрес КСС по каналу CESI при помощи сигнального блока со значением «извещение об отключении канала». При этом обе станции исключают СЗС из своих списков занятости.

## 14. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

### 14.1. Идентификация телексных оконечных терминалов

В системе «Инмарсат-В» принят определенный порядок присвоения терминалам номеров, для того, чтобы дать возможность абоненту береговой сети адресовать сообщения СЗС. Структура номера телексного терминала имеет вид:

$$58S \ T \ RON \ Z1\_Z2\_$$

где 58S – «код страны», присвоенный «Инмарсат-В» для режима телеграфии ( $S = 1$  – для АОР-В,  $S = 2$  – для ТОР,  $S = 3$  – для ИОР,  $S = 4$  – для АОР-3);

T – цифра, обозначающая систему (стандарт) «Инмарсат», для «Инмарсат-В» T = 3;

RON (Routing Organization Number) – первые шесть цифр Международного регистрационного номера судна;

Z1\_Z2\_ – цифры, обозначающие номер терминала на судне либо номер канала многоканальной СЗС, либо номер одной из СЗС на судне.

### 14.2. Организация дуплексных телексных соединений

В системе «Инмарсат-В» режим обеспечения дуплексной и симплексной телексной связи не является обязательным для СЗС и используется в терминалах (СЗС) класса 1. Телексная связь осуществляется по каналам типа УВР/МДВР со скоростями в каналах 6/24 кбит/с [10].

#### 14.2.1. Вызов по инициативе берегового абонента

Последовательность действий СЗС, КСС и БЗС при установлении соединения этого типа показана на рис. 14.1. Стрелки указывают моменты времени, когда в данном канале ведется передача для указанного абонента (БЗС, СЗС или КСС) или меняется содержание передачи.

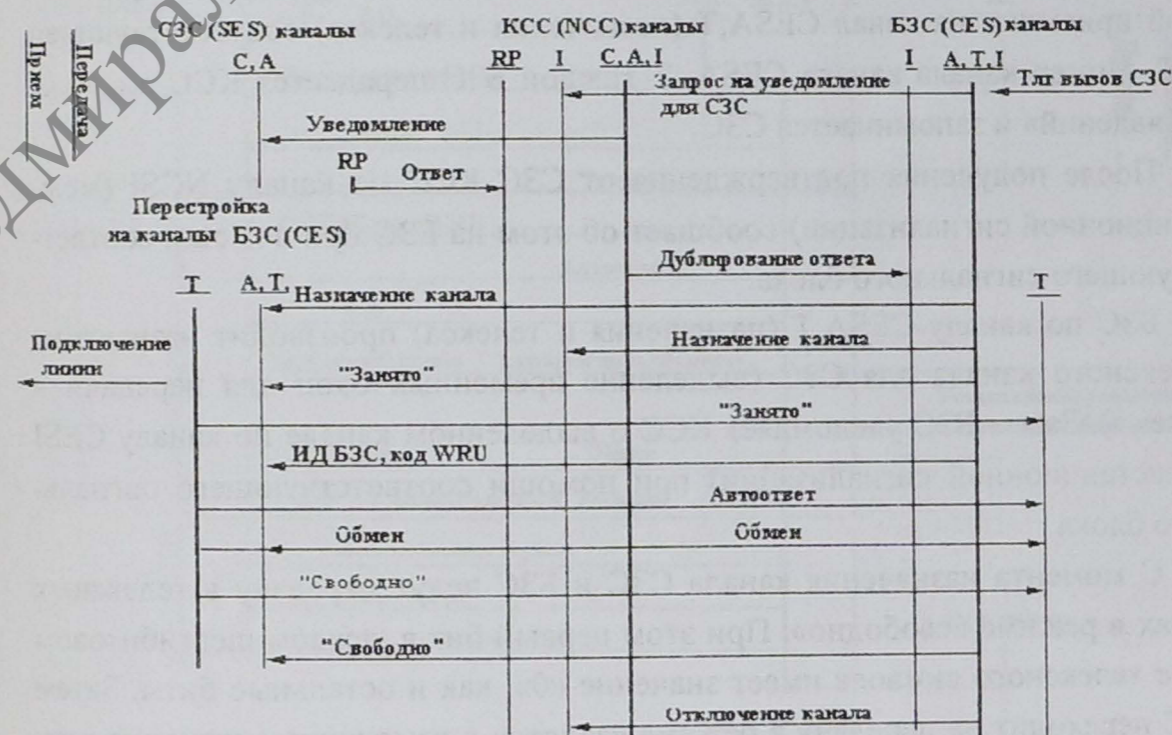


Рис. 14.1. Порядок установления дуплексной телексной связи по инициативе берега

При поступлении телексного вызова СЗС от берегового абонента на БЗС последняя передает сообщение соответствующей КСС о поступлении вызова в адрес СЗС. Сообщение передается по каналу CESI (межстанционной сигнализации) при помощи сигнального блока «запрос на уведомление», содержащего ИД вызываемой СЗС, тип вызова, при наличии не-

скольких телексных терминалов – номер терминала. При этом БЗС включает вызываемую СЗС в свой список занятости. Затем КСС производит уведомление СЗС о поступлении телексного вызова в ее адрес по каналу NCSC, А (общему и назначения).

Прием сообщений по данному каналу осуществляется включенной СЗС постоянно. Уведомление производится при помощи соответствующего сигнального блока, содержащего ИД вызывающей БЗС. При этом КСС включает СЗС в свой список занятости.

При получении уведомления в свой адрес СЗС подтверждает прием по каналу SESRP (ответному) при помощи соответствующего сигнального блока. Момент передачи при этом синхронизирован с каналом NCSC, А (общим и назначения). После передачи подтверждения СЗС перестраивает свой приемник на канал CESA, Т (назначения и телекса) соответствующей БЗС. Номер канала канала CESA, Т каждой БЗС передается КСС в «доске объявлений» и запоминается СЗС.

После получения подтверждения от СЗС КСС по каналу NCSI (межстанционной сигнализации) сообщает об этом на БЗС при помощи соответствующего сигнального блока.

БЗС по каналу CESA, Т (назначения и телекса) производит назначение телексного канала для СЗС (выделение временных окон для передачи и приема). Затем БЗС уведомляет КСС о выделенном канале по каналу CESA, Т (межстанционной сигнализации) при помощи соответствующего сигнального блока.

С момента назначения канала СЗС и БЗС ведут передачу в телексных окнах в режиме «свободно». При этом первый бит в каждом шестибитовом окне телексного символа имеет значение «0», как и остальные биты. Затем БЗС переходит на передачу в режиме «занято» с изменением значения всех бит, кроме первого, на 1 (011111). СЗС при этом осуществляет подключение телексного терминала (в основном РС) для приема сообщения. Смысл этих действий аналогичен подключению линии к телеграфному аппарату. Далее СЗС также переходит на передачу в режиме «занято», БЗС посылает сообщение, содержащее ее ИД и код WRU, служащий сигналом к автоответу. СЗС посылает автоответ, который передается береговому абоненту и служит сигналом для начала обмена телексными сообщениями. При

передаче символов телексного сообщения первый бит в каждом шестибитовом окне имеет значение «1».

Процедуры отключения канала по инициативе судна и берега приведены на рис.14.1 и 14.2.

#### 14.2.2. Вызов по инициативе судна

Последовательность действий СЗС, КСС и БЗС при установлении соединения этого типа показана на рис. 14.2. Стрелки указывают моменты времени, в которые в данном канале ведется передача для указанного абонента (БЗС, СЗС или КСС) или меняется содержание передачи.

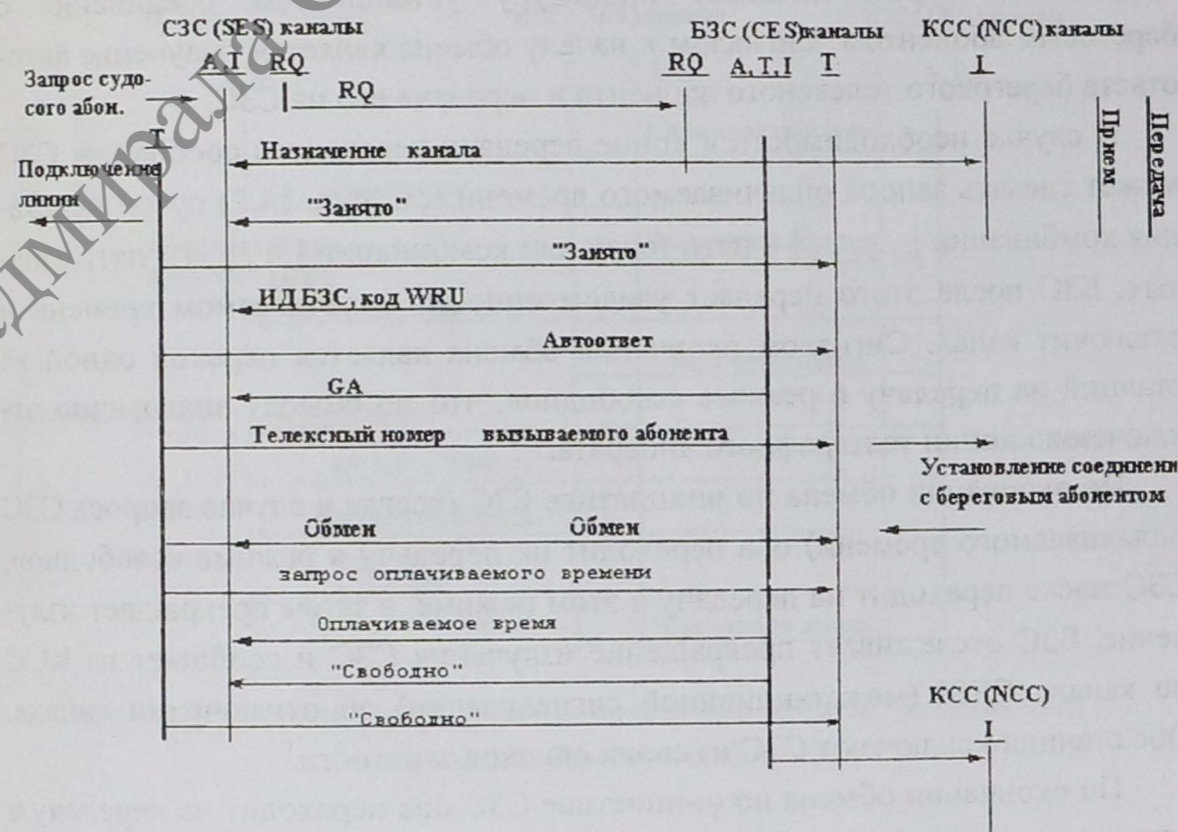


Рис. 14.2. Порядок установления дуплексной телексной связи по инициативе судна

Для установления телексного соединения СЗС по команде оператора производит запрос выбранной БЗС по каналу SESRQ (запросному). Запрос производится при помощи соответствующего сигнального блока, содержащего указание на требуемый вид соединения, идентификатор точечного луча, в котором находятся СЗС и данные об угловом положении антенны СЗС.

При получении запроса БЗС производит назначение рабочего канала (временных окон) по каналу CESA, T для СЗС и сообщает об этом КСС по каналу CESI с помощью соответствующих сигнальных блоков. Дальнейшая процедура установления соединения аналогична случаю организации вызова по инициативе берега (см. рис. 14.1) до момента передачи СЗС автоответа.

После получения автоответа от СЗС БЗС передает стандартную последовательность «GA» – «следуйте дальше», имеющую вид (при печатании на ТА): возврат каретки, перевод строки, латинский регистр, GA, цифровой регистр, +, возврат каретки, перевод строки. После получения этой последовательности БЗС начинает процедуру установления соединения с береговым абонентом. Сигналом к началу обмена является получение автоответа берегового телексного абонента и передача его на СЗС.

В случае необходимости в конце передачи телексного сообщения СЗС может сделать запрос оплачиваемого времени (см. рис. 14.2) путем печатания комбинации [ . . . . . ] – пять точек или комбинации [ , , , , ] – пять запятых. БЗС после этого передаст уведомление об оплачиваемом времени и отключит канал. Сигналом окончания обмена является переход одной из станций на передачу в режиме «свободно», что по смыслу аналогично отключению линии телеграфного аппарата.

По окончании обмена по инициативе БЗС (всегда в случае запроса СЗС оплачиваемого времени) она переходит на передачу в режиме «свободно», СЗС также переходит на передачу в этом режиме, а затем прекращает излучение. БЗС отслеживает прекращение излучения СЗС и сообщает на КСС по каналу CESI (межстанционной сигнализации) об отключении канала. Обе станции исключают СЗС из своих списков занятости.

По окончании обмена по инициативе СЗС она переходит на передачу в режиме «свободно» и прекращает излучение после приема от БЗС работы в режиме «свободно». БЗС выполняет затем аналогичные действия (см. рис. 14.1).

### 14.3. Установление симплексных телексных соединений

При поступлении заказа на БЗС на установление симплексной телексной связи с СЗС БЗС направляет в адрес КСС по каналу CESI сигнальный блок со значением «запрос на уведомление» (рис. 14.3). КСС вслед за этим

производит уведомление СЗС о вызове по каналу NCSC, A. После уведомления в адрес БЗС направляется сигнальный блок со значением «уведомление передано», свидетельствующий о том, что СЗС не было в списке занятости КСС и она регистрируется как занятая вызовом с БЗС. Формат этого сигнального блока, используемый в основном для извещений о причинах отказа в вызове, называется *указателем причин отказа*. Однако среди возможных вариантов его заполнения (всего около 60-ти) имеется указанный ранее вариант, при котором этот сигнальный блок принимает указанное значение.

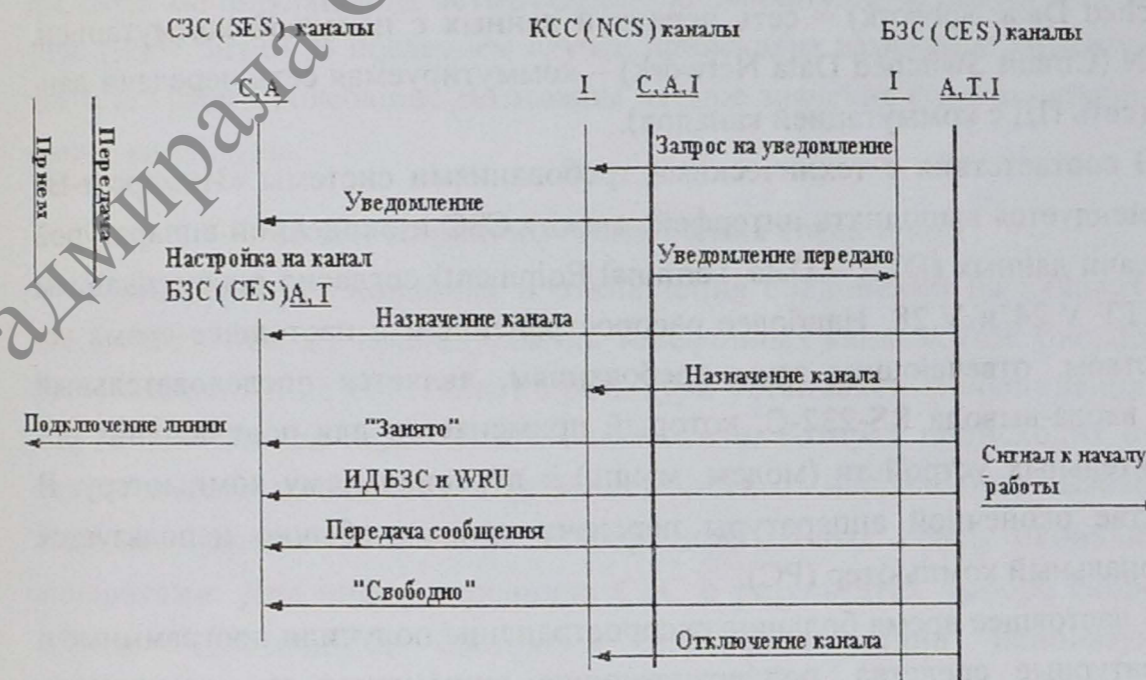


Рис. 14.3. Порядок установления симплексного телексного соединения по инициативе берегового абонента

В дальнейшем процедура соответствует случаю установления дуплексного соединения по инициативе берегового абонента (см. рис. 14.1) без ведения передачи от СЗС. Отключение канала после передачи сообщения производится также аналогично процедуре отключения по инициативе берегового абонента.

## 15. ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ

### 15.1. Требования к аппаратуре

Система связи «Инмарсат-В» обеспечивает передачу данных, компьютерных файлов, текстовой, графической, звуковой и другой информации, представленной в виде, пригодном для ее обработки в компьютере, – с информационными скоростями 9600, 4800, 2400 бит/с и низкоскоростную передачу с информационной скоростью 300 бит/с.

Передача может осуществляться по сетям PSTN (Public Switched Telephone Network) – телефонная сеть общего пользования, PSDN (Packet Switched Data Network) – сеть передачи данных с пакетной коммутацией, CSDN (Circuit Switched Data Network) – коммутируемая сеть передачи данных (сеть ПД с коммутацией каналов).

В соответствии с техническими требованиями системы «Инмарсат-В» рекомендуется выполнять интерфейс между СЗС и оконечной аппаратурой передачи данных (DTE – Data Terminal Equipment) согласно рекомендациям МККТТ V.24 и V.28. Наиболее распространенным в настоящее время устройством, отвечающим этим требованиям, является последовательный порт ввода-вывода RS-232-C, который применяется для подключения дополнительных устройств (модем, мышь) к персональному компьютеру. В качестве оконечной аппаратуры передачи данных обычно используется персональный компьютер (PC).

В настоящее время большое распространение получили программные и аппаратные средства, поддерживающие применение так называемых «Hayes-модемов». Название происходит от названия американской фирмы «Hayes Microcomputer Products», выпустившей модемы с системой команд AT, фактически являющийся стандартом, которого стали придерживаться остальные разработчики модемов. С помощью набора AT-команд пользователь может непосредственно управлять работой модема. Сегодня Hayes-стандартами пользуется подавляющее большинство фирм во всем мире и лучшие модемы являются Hayes-совместимыми. Техническими требованиями системы «Инмарсат-В» рекомендуется использовать набор AT-команд для организации работы интерфейса СЗС/DTE. В этом случае СЗС будет

выступать в качестве Hayes-модема для персонального компьютера, использующегося в качестве оконечной аппаратуры передачи данных.

### 15.2. Передача данных со скоростью 2400, 4800, 9600 бит/с

Такая ПД осуществляется по каналам типа ОКН со скоростью передачи в канале 24000 бит/с (см. рис. 6.2). При этом на береговых сетях связи (в телефонной сети общего пользования) может использоваться протокол модуляции V.32 (рекомендация МККТТ V. 32), использующий для передачи дискретных данных однократную (2400 бит/с), двухкратную (4800 бит/с) фазовую манипуляцию и четырехкратную амплитудно-фазовую манипуляцию (9600 бит/с). В последнем случае происходит изменение амплитуды и фазы несущего колебания. Возможны четыре значения фазы и четыре значения амплитуды.

#### 15.2.1. Порядок установления соединений

Процедуры установления и отключения соединений на каналах ПД аналогичны тем же процедурам на телефонных каналах (см. рис. 13.2 и 13.3). Исключение составляет процедура установления соединения между модемами на береговых линиях связи, которая происходит после ответа одного из абонентов (в зависимости от направления вызова). В ходе нее определяется скорость передачи данных между оконечными аппаратами. Для информирования СЗС о результатах выбора скорости обмена данными и состоянии береговой линии используются управляющие биты (см. рис. 6.2). В двоичном коде могут передаваться следующие сообщения:

- 0 – никаких данных не передается;
- 1 – передавать данные со скоростью 9600 бит/с;
- 2 – передавать данные со скоростью 4800 бит/с;
- 3 – передавать данные со скоростью 2400 бит/с;
- 4 – на береговой линии нет сигнала;
- 5 – тон вызова;
- 6 – тон занятости;
- 7 – запасное.

При передаче данных со скоростью, меньшей чем 9600 бит/с, используются не все биты блоков данных (см. рис. 6.6). Порядковые номера бит в блоках данных выражаются для различных скоростей в виде

2400 бит/с  $4k + 1$ , где  $k = 0 - 7$ ;

4800 бит/с  $2k + 1$ , где  $k = 0 - 15$ .

Все неиспользуемые биты при этом заполняются случайной последовательностью.

При установлении связи по инициативе судового абонента, после снятия трубки береговым абонентом (модемом) происходит процесс установления связи и выбора скорости между модемом абонента и модемом БЗС. По окончании этой процедуры, когда выбрана скорость передачи данных между модемами, зависящая, в частности, от состояния линии передачи, БЗС сообщает СЗС выбранную скорость. С этого момента начинается обмен данными между абонентами.

При установлении соединения по инициативе берегового абонента первоначально производится вызов СЗС в порядке, аналогичном телефонному вызову (см. рис. 13.1). При снятии трубки судовым абонентом (модемом) происходит процедура выбора скорости обмена между модемами берегового абонента и БЗС. Выбранная скорость сообщается на СЗС. С этого момента начинается обмен данными.

### 15.3. Передача данных со скоростью 300 бит/с

Такая передача данных осуществляется в каналах типа МДВР со скоростью передачи в канале 24000 бит/с (см. рис. 6.7). На береговых каналах связи (в телефонной сети общего пользования) может использоваться протокол модуляции V.21 (рекомендация МККТТ V.21). В этом протоколе для передачи и приема данных используется метод частотной модуляции.

#### 15.3.1. Порядок установления соединений

Процедура установления дуплексного соединения для низкоскоростной передачи данных аналогична процедуре установления телексного соединения до момента назначения канала включительно (см. рис. 15.1 и 15.2). После назначения канала СЗС и БЗС для сигнализации кроме смены состояния канала «свободно – занято» используют еще сигнальные блоки, на-

пример, для передачи адреса берегового абонента и для отключения канала после передачи сообщения.

## 16. ПЕРЕДАЧА ФАКСИМИЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ

### 16.1. Применение факсимильной связи

Факсимильная связь применяется для передачи любой информации в графической форме. Возможна передача с полутонами или без них. Для факсимильной связи используются телефонные сети и сети передачи данных (см. гл. 15). Обмен факсимильными сообщениями осуществляется посредством подключенных на обоих концах линии связи факсимильных аппаратов. В настоящее время применяются факсимильные аппараты Группы-3. Факсимиле Группы-3 является первой после Групп-1 и 2 цифровой системой передачи факсимильных сообщений. До этого передача осуществлялась в аналоговом режиме. Протокол передачи таких факсимильных сообщений содержится в рекомендациях МККТТ T.4 и T.30. Подключение факсимильного аппарата к СЗС осуществляется через обычный интерфейс телефонной линии.

Передача факсимильных сообщений осуществляется в каналах передачи данных типа ОКН с информационными скоростями до 9600 бит/с, а также возможна передача факсимильного сообщения по цифровому речевому каналу со скоростью 2400 бит/с.

Для передачи факсимильных сообщений по береговым сетям (телефонным сетям общего пользования) применяются протоколы модуляции V.27, V.29 (рекомендации МККТТ V.27, V.29), использующие многопозиционную амплитудно-фазовую манипуляцию. При этом происходит изменение амплитуды и фазы несущего колебания.

### 16.2. Порядок установления соединений

Порядок установления симплексных и дуплексных соединений для передачи факсимильных сообщений аналогичен порядку установления телефонных соединений (см. рис. 13.1 и 13.2). Исключение составляет процедура установления связи между оконечными факсимильными аппаратами, которая происходит после ответа абонента (берегового или судового в зависимости от направления вызова). В ходе нее определяется

скорость передачи данных между оконечными аппаратами. При этом используются аналоговые сигналы, генерируемые факсимильным аппаратом (согласно рекомендациям МККТТ).

Для передачи информации об этих сигналах и о состоянии линии используются управляющие биты (см. рис. 6.2). В зависимости от выбранной скорости в канале передачи данных и в блоках данных могут использоваться не все биты. Порядковые номера используемых бит при различных скоростях следующие:

300 бит/с  $4k + 1$ , где  $k = 0 - 7$  (каждый бит повторяется 8 раз);

2400 бит/с  $4k + 1$ , где  $k = 0 - 7$ ;

4800 бит/с  $2k + 1$ , где  $k = 0 - 15$ ;

7200 бит/с  $4k + 1, 4k + 2, 4k + 3$ , где  $k = 0 - 7$ .

Все неиспользуемые биты при этом заполняются случайной последовательностью.

## 17. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ГРУППОВЫХ ВЫЗОВОВ

В системе связи «Инмарсат-В» режим приема групповых телефонных вызовов является обязательным для всех СЗС, прием групповых вызовов других типов – дополнительной функцией.

Существует два типа групповых вызовов – нормальный и зональный. Нормальный групповой вызов организуется для передачи сообщений группам СЗС, сформированным по признакам национальной принадлежности, принадлежности судовладельцу, по коммерческим признакам и др. Вызов осуществляется с помощью применения в сигнальных блоках определенных идентификационных номеров прямого направления.

Персональный вызов организуется для передачи сообщений группам СЗС, находящимся в заданном географическом районе. Вызов осуществляется с помощью применения в сигнальных блоках информации о границе географического района. Принадлежность СЗС к указанному географическому району определяется по азимуту и углу возвышения антенны СЗС.

Групповые вызовы могут быть организованы для любых видов связи. Порядок установления соединений при этом будет соответствовать порядку установления симплексных соединений для этих типов вызовов.

По желанию инициатора вызова можно запросить подтверждение о приеме СЗС сообщения, которое выполняется по каналу SESCO (подтверждение вызовов). Такой режим возможен только в случае нормальных, содержащих определенное количество вызываемых СЗС, а не зональных групповых вызовов. Это обусловлено требованием уменьшения вероятности столкновения пакетов в канале SESCO, использующем способ много-станционного доступа Aloha.

## 18. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ВЫЗОВОВ ПО БЕДСТВИЮ

Система «Инмарсат-В» позволяет организовать вызов с приоритетом 3 – «бедствие» в телефонном и телексном режимах [3], [11]. Порядок установления соединения в этом случае аналогичен порядку для обыкновенных вызовов за исключением некоторых моментов. Например, для запроса канала с приоритетом «бедствие» СЗС передает два сигнальных блока со значением «запрос канала с приоритетом «бедствие» последовательно с определенным интервалом. В случае занятости всех каналов требуемого типа один из них будет освобожден и предоставлен для обмена по бедствию. В процессе установления соединения БЗС не проверяет, в отличие от обычного режима, соответствие СЗС статусу, который включает все идентификационные номера СЗС, ее класс и возможность работы с различными типами вызовов.

Право установления соединения с приоритетом «бедствие» в направлении *берег – судно* имеют избранные пользователи, например СКЦ. Данный процесс в этом случае также аналогичен обыкновенному за исключением некоторых указанных ранее моментов.

### Список принятых сокращений

БЗС	– береговая земная станция.
ВСТК	– восстановление несущей и тактовая синхронизация.
ДФМ	– двукратная фазовая манипуляция.
ИД	– идентификационный номер.
КСС	– координирующая станция сети.
МДВР	– многостанционный доступ с временным разделением.
МККТТ	– международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии.
ОКН	– один канал на несущую.
ОФМ	– относительная фазовая манипуляция.
ПД	– передача данных.
СЗС	– судовая земная станция.
УВР	– уплотнение с временным разделением.

### Библиографический список

1. Банкет В.Л., Дорофеев В.М. Цифровые методы в спутниковой связи. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
2. Бартенев В.А., Болотов Г.В., Быков В.Л. и др. Спутниковая связь и вещание: Справ. / Под ред. Л.Я. Кантора. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1997. – 528 с.: ил.
3. Венскаускас К.К., Ильин А.А. Принципы построения Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания: Учеб. пособие. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1988. – 104 с.
4. Венскаускас К.К. и др. Системы и средства радиосвязи морской подвижной службы: Справ. – Л.: Судостроение, 1986. – 432 с.
5. Гольденберг Л.М. и др. Цифровая обработка сигналов: Справ. – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.
6. Жилин В.А. Международная спутниковая система морской связи «Инмарсат»: Справ. – Л.: Судостроение, 1988. – 160 с.
7. Жилин В.А. Международная спутниковая система связи «Инмарсат»: Справ. изд. ГП «Морсвязьспутник». – СПб.: Россия и мир, 1997. – 114 с.
8. Новик Л.И. и др. Спутниковая связь на море. – Л.: Судостроение, 1987. – 220 с.
9. Системы спутниковой связи «Инмарсат»: Справ. – М.: Ассоциация независимых издателей, 1995. – 64 с.
10. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь: Пер. с англ. / Под ред. В.В. Маркова. – М.: Связь, 1979. – 592 с.
11. Tetley L., Calcutt D. Understanding GMDSS: Global Maritime Distress and Safety System. – Edward Arnold London Melbourne Auckland, 1994. – 311 p.



## Оглавление

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. Система связи «Инмарсат-В»</b> .....	5
1.1. Основы построения системы связи «Инмарсат-В» .....	5
1.2. Идентификация элементов системы .....	8
<b>2. Распределение частот и каналообразование</b> .....	9
2.1. Распределение частот .....	9
2.2. Каналообразование в системе связи «Инмарсат-В» .....	9
2.3. Механизм дальнейшего расширения возможностей каналов .....	13
<b>3. Энергетические характеристики каналов и линий</b> .....	14
3.1. Характеристики каналов .....	14
3.2. Энергетические характеристики радиолиний .....	16
<b>4. Методы модуляции</b> .....	18
4.1. Модуляция в каналах типа МДВР, Aloha, ОКН .....	18
4.2. Модуляция в каналах типа УВР .....	21
<b>5. Многостанционный доступ</b> .....	23
<b>6. Форматы каналов</b> .....	25
6.1. Формат цифрового речевого канала на основе МСД типа ОКН .....	25
6.2. Формат канала передачи данных типа ОКН .....	28
6.3. Формат кадра каналов типа УВР .....	30
6.4. Формат кадра каналов типа МДВР .....	33
6.5. Формат кадра каналов типа Aloha .....	36
<b>7. Аппаратура каналообразования</b> .....	37
<b>8. Система кодирования речи</b> .....	38
<b>9. Помехозащищенное кодирование</b> .....	44
9.1. Алгоритм сверточного кодирования .....	44
9.2. Алгоритм декодирования по Витерби .....	47
<b>10. Скремблирование</b> .....	49
<b>11. Система сигнализации</b> .....	51
<b>12. Вспомогательные функции системы</b> .....	53
12.1. Работа БЗС в режиме голосового активатора .....	53
12.2. Регулирование мощности .....	54

12.3. Передача КСС сводок .....	55
12.4. Работа в глобальных и точечных лучах .....	56
<b>13. Организация телефонных соединений</b> .....	57
13.1. Идентификация телефонных терминалов .....	57
13.2. Организация дуплексных телефонных соединений .....	57
13.3. Установление симплексных соединений .....	63
<b>14. Организация телексных соединений</b> .....	64
14.1. Идентификация телексных оконечных терминалов .....	64
14.2. Организация дуплексных телексных соединений .....	65
14.3. Установление симплексных телексных соединений .....	68
<b>15. Передача данных</b> .....	70
15.1. Требования к аппаратуре .....	70
15.2. Передача данных со скоростью 2400, 4800, 9600 бит/с ..	71
15.3. Передача данных со скоростью 300 бит/с .....	72
<b>16. Передача факсимильных сообщений</b> .....	73
16.1. Применение факсимильной связи .....	73
16.2. Порядок установления соединений .....	73
<b>17. Осуществление групповых вызовов</b> .....	74
<b>18. Осуществление вызовов по бедствию</b> .....	75
<b>Список принятых сокращений</b> .....	76
<b>Библиографический список</b> .....	77

**Ильин Александр Анатольевич**

**ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ИНМАРСАТ-В»  
ДЛЯ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**  
Учебное пособие

---

Ответственный за выпуск  
Редактор  
Компьютерная верстка

Сатикова Т.Ф.  
Карамзина Н.А.  
Тюленева Е.И.

Подписано в печать 06.08.2004.

Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. 5. Тираж 200 экз. Заказ № 66/09.

ГМА им. адм. С.О. Макарова

199106, Санкт-Петербург, Косая линия, 15-а

332

ФГБОУ ВО "ТУМРФ имени адмирала С.О. Макарова"