

• РАДИО И СВЯЗЬ •

# СПРАВОЧНИК

---

В. К. ЩЕРБО  
В. М. КИРЕИЧЕВ  
С. И. САМОЙЛЕНКО

СТАНДАРТЫ  
ПО ЛОКАЛЬНЫМ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ  
СЕТЯМ

# **СПРАВОЧНИК**

В. К. ЩЕРБО  
В. М. КИРЕИЧЕВ  
С. И. САМОЙЛЕНКО

## **СТАНДАРТЫ ПО ЛОКАЛЬНЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ СЕТЯМ**

Под редакцией  
С. И. Самойленко



МОСКВА „РАДИО И СВЯЗЬ”  
1990

ББК 32.97

Щ66

УДК 006:681.324(035)

Редакция литературы по радиотехнике и электросвязи

Щербо В. К. и др.

Щ66 Стандарты по локальным вычислительным сетям: Справочник/  
В. К. Щербо, В. М. Киреичев, С. И. Самойленко; Под ред. С. И. Самой-  
ленко — М.: Радио и связь, 1990. — 304 с.: ил.

ISBN 5-256-00709-2.

Систематизируются сведения об особенностях локальных вычислительных сетей (ЛВС), состоянии стандартизации ЛВС в Международной организации по стандартизации (МОС), а также ЕСМА, IEEE. Приводятся классификация ЛВС, их сравнительные характеристики. Большое внимание уделяется описанию стандартов и проектов стандартов МОС по нижним уровням архитектуры ЛВС различных топологий и методов доступа, в частности по управлению логическим звеном, случайному доступу и шине, маркерному и тактированному доступам к кольцу и др.

Излагается формализованное описание протоколов ЛВС на языках Паскаль, Ада, методом конечных автоматов.

Предназначен для разработчиков и пользователей ЛВС.

Щ 2404040000 — 040  
046(01) — 90 150 — 90

ББК 32.97

Справочное издание

ЩЕРБО ВЛАДИМИР КИРИЛЛОВИЧ, КИРЕИЧЕВ ВАЛЕРИЙ МИХАЙЛОВИЧ,  
САМОЙЛЕНКО СТАНИСЛАВ ИВАНОВИЧ

СТАНДАРТЫ ПО ЛОКАЛЬНЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ СЕТЯМ

Справочник

Заведующий редакцией В. Н. В я л ь ц е в

Редактор Н. Я. Л и п к и н а

Художественный редактор А. В. П р о ц е н к о

Переплет художника Н. А. П а ш у р о

Технический редактор А. Н. З о л о т а р е в а

Корректор З. Г. Г а л у ш к и н а

ИБ № 1995

Подписано в печать с оригинала-макета 21.12.89. Т-17701. Формат 60х88/16. Бумага тип. № 2. Гарнитура "Пресс-роман". Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,62. Усл. кр.-отт. 18,62. Уч.-изд. л. 23,81. Тираж 30 000 экз. Изд. № 22656. Зак. № 6911. Цена 1 р. 50 к.

Издательство "Радио и связь". 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО "Первая Образцовая типография" Государственного комитета СССР по печати. 113054 Москва, Валовая, 28

ISBN 5-256-00709-2

© Щербо В. К., Киреичев В. М.,  
Самойленко С. И., 1990

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы среди вычислительных комплексов и вычислительных сетей во всех развитых странах мира, в том числе в СССР, наиболее широкое развитие получили локальные вычислительные сети (ЛВС). Их возможности и преимущества перед традиционными средствами передачи и обработки данных весьма многообразны: они позволяют объединять в единую сеть устройства самых разных типов от микро- и персональных до суперЭВМ; при их построении не требуются средства сетей связи общего пользования; обеспечиваемые ими скорости передачи данных значительно превышают скорости передачи по обычным сетям связи. Предполагается, что в ближайшем будущем ЛВС станут одним из самых распространенных средств обработки и передачи данных, поскольку по своим характеристикам и возможностям они наиболее полно отвечают потребностям значительной части учреждений и предприятий, занимающихся планированием, управлением и производством.

К настоящему времени в различных странах мира созданы и находятся в эксплуатации многие десятки типов ЛВС с различными физическими средами, топологией, размерами, алгоритмами работы, архитектурной и структурной организацией.

В СССР наряду с многими независимыми разработками, производимыми различными ведомствами и организациями, ведутся координированные работы по созданию системы единых средств ЛВС (ЕС ЛВС). В рамках этих работ наряду с реализацией стандартных методов доступа разрабатываются и апробируются новые, более эффективные принципы построения ЛВС, в частности сетей на базе интервально-маркерного метода доступа.

Среди большого разнообразия созданных и создаваемых ЛВС наиболее широкое применение должны найти методы организации ЛВС, принятые в качестве международных стандартов, поскольку они в течение многих лет исследуются в научных лабораториях, апробированы во многих странах и учитывают возможности дальнейшего развития ЛВС.

Работы по стандартизации ЛВС проводятся национальными организациями многих стран и международными организациями: МОС, ЕСМА, МЭК, IEEE. К настоящему времени этими организациями разработано около 20 международных стандартов (МС) и проектов МС по методам организации и функционирования нижних уровней архитектуры ЛВС с привязкой верхних уровней к эталонной модели взаимосвязи открытых систем, стандартизованной в МОС.

В имеющейся обширной литературе по ЛВС, как отечественной, так и зарубежной, вопросы стандартизации, особенно современное состояние стандартизации ЛВС, отражены явно недостаточно.

Настоящий справочник является первым шагом на пути создания полного периодически издаваемого справочного пособия по стандартам ЛВС. В справочнике предпринята попытка изложить в систематизированной форме основные необходимые сведения по существующим стандартам и стандартным типам ЛВС.



Справочник состоит из десяти разделов.

В разд. 1 приводятся общие сведения о развитии и существующем состоянии ЛВС, их конфигурации, архитектуре, классификации, а также современном состоянии стандартизации ЛВС.

Раздел 2 содержит справочные сведения о МС 8802-2 "ЛВС. Управление логическим звеном".

В разд. 3 — 6 рассматриваются международные стандарты МС 8802-3, 8802-4, 8802-5, 8802-7; ANSI/IEEE 802.3, 802.4, 802.5 и ЕСМА-80, 81, 82, 89, 90, 92, определяющие уровни управления доступом и физические уровни ЛВС шинного типа с методами случайного и маркерного доступа и кольцевого типа с методами маркерного и тактированного доступа.

В разд. 7 рассматривается интервально-маркерный метод доступа, разработанный в СССР и представленный в виде вклада СССР в МС.

В разд. 8 приведены сведения о проекте международного стандарта МС 9314/1...3 по волоконно-оптической интерфейсной ЛВС FDDI.

Раздел 9 содержит сведения о рабочих проектах стандартов МС и ЕСМА по взаимосвязи ЛВС между собой ("мосты").

В последнем разделе приводятся сведения о проектах международных стандартов МС и рабочих проектах ЕСМА, определяющих особенности организации сетевого уровня в архитектуре ЛВС.

Справочник рассчитан прежде всего на разработчиков и пользователей ЛВС, а также преподавателей, аспирантов и студентов.

В написании справочника приняли участие: В. К. Шербо (разд. 1, 3 — 6); В. М. Киреичев (разд. 2, 8 — 10) и С. И. Самойленко (разд. 7 и общее редактирование).

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

А	— адрес
АДМ	— адрес держателя маркера
АКД	— аппаратура окончания канала данных
АМ	— активный монитор
АО	— адрес отправителя
АП	— адрес получателя
АПР	— адрес первичного региона
АПС	— адрес предшествующей станции
АСВ	— адрес соседней верхней станции
АСС	— адрес следующей станции
АФМ	— амплитудно-фазовая модуляция
БВН	— без возврата к нулю (код)
БВНИ	— без возврата к нулю с инвертированием (код)
БДФ	— база данных фильтрации
ВЗУ	— внешнее запоминающее устройство
ВОИ	— волоконно-оптический интерфейс
ВОС	— взаимосвязь открытых систем
ВРА	— внутрирегиональный адрес
ГПР	— готов к приему
ГЦ	— главный центровик
ДВ	— длина вектора
ДИСП	— диспетчер станции

ДМ	— держатель маркера
ДС	— данная станция
ДСВ	— длина субвектора
З	— запрос (бит)
ЗАП	— заполнитель
ЗД	— звено данных
ЗМК	— заявка маркера
З/П	— заполненный/пустой (такт)
ЗСВ	— значение субвектора
И	— информация
ИВ	— идентификатор вектора
И/Г	— индивидуальный/групповой (адрес)
ИДС	— идентификация станции
ИЗС	— интерфейс, зависящий от среды
ИМД	— интервально-маркерный доступ
ИМС	— интерфейс с модулем сопряжения
ИСВ	— идентификатор субвектора
ИСС	— интерфейсный соединитель
ИСУД	— индикация состояния управления доступом
КА	— конечный автомат
КД	— кадр данных
КДОН/ОК	— коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов
КМ	— кадр маркера
КМД	— кольцо с маркерным доступом
КО	— конечный ограничитель
К/О	— команда/ответ
КП	— кадр прерывания
КПК	— контрольная последовательность кадра
КТД	— кольцо с тактированным доступом
КТОМ	— контрольное значение тайм-аута отсутствия маркера
ЛВС	— локальная вычислительная сеть
МДС	— модуль доступа к среде
МККТТ	— Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии
МОК	— монитор ошибок кольца
МОС	— Международная организация по стандартизации
МСС	— модуль сопряжения со средой
МЭК	— Международная электротехническая комиссия
НАМ	— наличие активного монитора
НГПР	— не готов к приему
НДМ	— наличие дежурного монитора
НИ	— неисправность
НК	— наличие конфликта
НКО	— нумерованные команды и ответы
НО	— начальный ограничитель
НП	— нумерованное подтверждение
Нпд	— номер передаваемого кадра
НПК	— начальная последовательность кадра
НПР	— неприем
НПРК	— неприем кадра
Нпм	— номер принимаемого кадра

ОКА	— операционный конечный автомат
ОКС	— ошибка качества сигнала
ООД	— окончное оборудование данных
ООК	— окончание ограничителя кадра
ОРОС	— ограничитель режима отсутствия скремблирования
ОС	— окончная система
ОЧ	— очистка
П	— последний кадр (бит)
ПАСВ	— принятый адрес соседней верхней станции
ПБД	— протокольный блок данных
ПБДЗ	— протокольный блок данных звена
ПБДЗИ	— протокольный блок данных звена, информационный
ПБДЗН	— протокольный блок данных звена, нумерованный
ПБДЗУ	— протокольный блок данных звена, управляющий
ПБДМ	— протокольный блок данных моста
ПБДМС	— протокольный блок данных, межсетевой
ПДА	— проверка дублирования адреса
ПК	— подкомитет
ППП	— пакетно-приоритетная передача
ППФ	— петля подстройки фазы
ППУ	— протокол пакетного уровня
ПС	— промежуточная система
ПФС	— передача физических сигналов
ПЦ	— промежуточный центровик
РАО	— режим асинхронного ответа
РГ	— рабочая группа
РЗД	— разъединение
РП	— регенеративный повторитель
РЧ	— радиочастота
СА	— собственный адрес
СБД	— сервисный блок данных
СБДЗ	— сервисный блок данных звена
СБДС	— сервисный блок данных сетевого уровня
СВ	— субвектор
СК	— состояние кадра
СЛС	— станция локальной сети
СМ	— сопрягающий модуль
СОК	— служба отчета о конфигурации
СПД	— сеть передачи данных
СПК	— служба параметров кольца
СПП	— станционно-приоритетная передача
СС	— следующая станция
ТАМ	— тайм-аут активного монитора
ТВР	— тайм-аут возврата в режим ретрансляции
ТДМ	— тайм-аут дежурного монитора
ТДУ	— точка доступа к услугам
ТДУЗ	— точка доступа к услугам звена
ТДУО	— точка доступа к услугам отправителя
ТДУП	— точка доступа к услугам получателя
ТДУС	— точка доступа к услугам сети
ТЗМ	— тайм-аут заявки маркера

ТК	— технический комитет
ТНА	— тайм-аут неактивности среды
ТО	— технический отчет
ТОМ	— тайм-аут отсутствия маркера
ТОШ	— тайм-аут отчета об ошибках
ТПВ	— тайм-аут предельного времени
ТПЗ	— тайм-аут предельного времени занятости среды
ТПК	— тайм-аут передачи кадров
ТПО	— тайм-аут пребывания в очереди
ТПП	— тайм-аут правильной передачи
ТПН	— тайм-аут передачи кадров НИ
ТПС	— тайм-аут передачи синхромаркеров
ТСП	— тайм-аут соперничества
ТТС	— тайм-аут тестирования станции
ТУМ	— тайм-аут удержания маркера
У	— управление
УАТС	— учрежденческая АТС
УД	— управление доступом
УДС	— управление доступом к среде
УЗД	— уровень звена данных
УК	— управление кадром
УКВ	— ультракороткие волны
УКО	— управляющие команды и ответы
У/Л	— универсальная/локальная (адресация)
УЛЗ	— управление логическим звеном
УПС	— устройство преобразования сигналов
УРРАО	— установить расширенный режим асинхронного ответа
УРРАС	— установить расширенный режим асинхронного ответа, сбалансированный
УФС	— управление физической средой
Ф	— флаг
ФИЗ	— физический уровень
ФРЗД	— фаза разъединения
ХАСВ	— хранимый адрес соседней верхней станции
ЧПУ	— числовое программное управление
ШМД	— шина с маркерным доступом
ШСД	— шина со случайным доступом
ЦИО	— цифровая сеть интегрированного обслуживания



## Раздел 1

### ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛВС

#### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 1.1.1. Основные понятия

Локальная вычислительная сеть ЛВС (Local area network – LAN) – вычислительная сеть, расположенная на небольшой территории (здание, предприятие, учреждение) и использующая ориентированные на эту территорию средства и методы передачи данных.

Шинная сеть (Bus network) – ЛВС, в которой имеется только один маршрут между любыми двумя станциями, и данные, передаваемые любой станцией, одинаково доступны всем другим станциям сети.

Примечание. Шинная сеть может иметь линейную, радиальную или древовидную конфигурацию. В двух последних случаях в каждом оконечном узле размещены станции данных, а в промежуточных узлах – повторители, соединители, усилители и разветвители.

Кольцевая сеть (Ring network) – ЛВС, обеспечивающая однонаправленную передачу данных между станциями по одной физической среде с возвратом данных к передающей станции.

Звездно-кольцевая сеть (Star/ring network) – кольцевая сеть с однонаправленной передачей, в которой несколько сгруппированных станций подключены к физической среде посредством интерфейсных модулей.

Локальная вычислительная сеть основной полосы частот (Baseband LAN) – ЛВС, в которой данные кодируются и передаются без модуляции несущей.

Широкополосная ЛВС (Broadband LAN) – ЛВС, в которой используются методы разделения каналов и модуляции.

Физическая среда (Transmission medium) – физический материал, по которому с высокой скоростью перемещаются данные между подключаемыми станциями ЛВС (например, симметричный кабель, коаксиальный кабель, волоконно-оптический кабель).

Физический уровень (Physical layer) – уровень, ответственный за сопряжение станции с физической средой, распознавание и преобразование сигналов, выдаваемых физической средой, и данных, принимаемых из подуровня УДС.

Уровень звена данных УЗД (Data link layer DLL) – концептуальный уровень в иерархической архитектуре оконечной системы (станции данных), обеспечивающий протокол управления звеном данных, формирование и передачу кадров данных.

Управление доступом к среде УДС (Medium access control MAC) – нижний подуровень уровня звена данных, управляющий доступом станций к физической среде с учетом особенностей физической среды.

Управление логическим звеном УЛЗ (Logical link control LLC) — верхний подуровень уровня звена данных, выполняющий не зависящие от физической среды и метода доступа к ней функции звена данных.

Диспетчер станции ДИСП (Station management) — концептуальный элемент управления станции, взаимодействующий со всеми уровнями станции и ответственный за установку и сброс управляющих параметров, получение отчетов об ошибочных ситуациях и определение необходимости подключения станций к сети и отключения их от сети.

Передача физических сигналов ПФС (Physical signalling PLS) — верхний подуровень физического уровня, выполняющий бит-символьное кодирование и декодирование, прием и передачу данных и некоторые функции изоляции УДС от особенностей физической среды.

Интерфейс с устройством сопряжения ИУС (Attachment unit interface AUI) — интерфейс между модулем сопряжения со средой и оконечным оборудованием данных (ООД) внутри станции.

Модуль сопряжения со средой МСС (Medium attachment unit MAU) — устройство, используемое в станции для сопряжения ООД с физической средой.

Модуль доступа к среде МДС (Physical medium attachment PMA) — часть МСС, содержащая функциональные схемы и используемая для подключения станции к физической среде и отключения станции от физической среды без нарушения работы станции.

Интерфейс, зависимый от среды ИЗС (Medium dependent interface MDI), — механический и электрический интерфейс между физической средой и МСС.

### 1.1.2. Назначение и особенности ЛВС

К работам по созданию ЛВС приступили еще в 60-х гг., а первые образцы сетей появились в начале 1970-х гг. Вначале ЛВС применялись главным образом в университетах и научно-исследовательских институтах.

В течение сравнительно короткого периода времени производство и применение ЛВС получило широкое распространение, чему способствовали следующие факторы: развитие микропроцессорной техники, гибких магнитных дисков, снижение цен на электронные компоненты, расширение возможностей терминальных устройств, рост объема передаваемой и обрабатываемой информации и, как следствие, увеличение числа средств в учреждениях, предприятиях, на заводах и т. д. Важную роль сыграл также тот факт, что в условиях действия перечисленных факторов большая часть вырабатываемой и потребляемой информации замыкалась внутри предприятия.

По своим размерам и конфигурациям ЛВС занимает промежуточное положение между обычными вычислительными сетями и подсистемами ввода-вывода ЭВМ, размещенными в одном помещении или разнесенными на сотни метров. В то же время ряд особенностей позволяет выделить ЛВС в отдельный класс вычислительных сетей. К этим особенностям относятся:

- размещение ЛВС на сравнительно небольшой территории;
- простые методы модуляции сигналов, возможность передачи немодулированных сигналов, низкий уровень ошибок и простые интерфейсные устройства вследствие малых расстояний;
- отсутствие ограничений, налагаемых сетями общего пользования;
- соединение в ЛВС самых разнообразных и независимых устройств;
- простота изменения конфигурации и самой среды передачи;
- низкая стоимость сети передачи данных по сравнению со стоимостью подключаемых устройств.

Территории, охватываемые ЛВС, могут существенно различаться: от сотен метров до десятков километров. Главное же отличие локальных сетей от глобальных — наличие единого для всех абонентов высокоскоростного канала передачи данных.

Термин "высокоскоростной канал" имеет условный характер, поскольку скорость передачи данных целесообразно оценивать по отношению к подключенным устройствам. Скорости передачи в ЛВС должны быть существенно выше скоростей, требуемых для отдельных устройств. Примеры соотношений указанных скоростей приведены в табл. 1.1.

Важная особенность высокоскоростных систем — неравномерное распределение нагрузки. Отношение пиковой нагрузки к средней может составлять 1000 и даже выше. Для таких систем эффективен метод коммутации пакетов, который принят в качестве основного для большинства современных ЛВС. Через ЛВС пакет данных проходит обычно за несколько миллисекунд, время же его передачи через глобальную сеть составляет около секунды.

Локальные вычислительные сети обеспечивают более дешевый способ комплектации оборудования. Низкая вероятность возникновения ошибок позволяет упростить сетевые протоколы, а высокая скорость передачи повышает эффективность коллективного доступа многих пользователей к общему банку данных.

Несмотря на то, что основной областью применения ЛВС является передача данных, многие используемые в ЛВС методы могут быть распространены также на передачу речевой, текстовой и видеoinформации, что, например, позволяет объединить многие формы учрежденческой связи в рамках одной сети.

Некоторые последние разработки ЛВС базируются на системах с передачей модулированных сигналов и разделением имеющейся полосы частот на отдельные высокоскоростные каналы. Такие сети известны как широкополосные, и во многих случаях каждую такую сеть можно рассматривать как несколько отдельных независимых ЛВС, объединенных общим кабелем.

В общем случае ЛВС представляет собой коммуникационную систему, принадлежащую одной организации и позволяющую однотипным или разнородным средствам вычислительной техники сообщаться друг с другом с помощью единой передающей среды. Связь может осуществляться между большими, малыми и микроЭВМ, специализированными процессорами, персональными ЭВМ, терминалами и терминальными станциями, различным периферийным оборудованием, накопителями на магнитных лентах и дисках, а также специализированными средствами (регистрирующие и копирующие устройства, графопостроители, устройства связи с объектом и т.д.). При этом ЛВС обеспечивает простое и удобное объединение всех средств в пределах помещения, этажа, здания, производственного комплекса или группы зданий.

Таблица 1.1

**Скорости передачи данных в ЛВС**

Устройство	Скорость, кбит/с	
	устройства	ЛВС
Большая ЭВМ	$20 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$
Мини- и терминальная ЭВМ	$1 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$
МикроЭВМ	300	500
Терминал	20	50
Калькулятор	1	5

К наиболее важным характеристикам ЛВС, отличающим их друг от друга, относятся конфигурация, или топология сети, тип передающей физической среды, скорость передачи сигналов, метод доступа станций ЛВС к среде, архитектура сети.

В ближайшем будущем ЛВС должны стать одним из самых распространенных средств передачи и обработки данных, поскольку по своим характеристикам и возможностям они наиболее полно отвечают потребностям значительной части учреждений и предприятий, занимающихся планированием, управлением и производством.

## 1.2. ТРЕБОВАНИЯ К ЛВС

Основополагающие требования к ЛВС, ориентированным на передачу данных, сформулированы в 1981г. комитетом IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) и опубликованы в виде проекта стандарта [1]. Последующая практика разработки и применения ЛВС в основном подтвердила правомерность этих требований, хотя и внесла в них коррективы, отраженные в [2,3] и других работах.

Приводимый ниже перечень требований к ЛВС основан на анализе упомянутых источников. Не все из перечисленных ниже требований являются общими для всех типов ЛВС. Степень выполнимости некоторых из них существенно зависит от назначения, способов использования ЛВС и ряда других факторов.

Общие требования:

- выполнение разнообразных функций по передаче данных, включая пересылку файлов, поддержку терминалов (в том числе высокоскоростных графических), электронную почту, обмен с внешними ЗУ, обработку сообщений, доступ к файлам и базам данных;

- возможность подключения большого набора стандартных и специальных устройств, в том числе больших, малых и персональных ЭВМ, терминалов, ВЗУ, АЦПУ, графопостроителей, факсимильных устройств, оборудования контроля и управления и др.;

- возможность подключения как современных и перспективных, так и ранее разработанных устройств с различными программными средствами, архитектурой, принципами работы;

- доставка пакетов адресату с высокой достоверностью при обеспечении виртуальных соединений и датаграммной службы;

- обеспечение непосредственной связи между подключенными устройствами без промежуточного накопления и хранения информации (возможны, однако, промежуточные функции преобразования протоколов или функции регистрации потока);

- простота монтажа, модификации и расширения сети; возможность подключения новых устройств и отключения прежних без нарушения работы сети длительностью более 1 с; информирование всех устройств сети об изменении ее состава;

- независимость стоимости подключения устройства к сети от стоимости самих устройств; в среднем стоимость интерфейса должна составлять 10...20% стоимости подключаемого устройства;

- возможность поддержки не менее 200 устройств с помощью одной ЛВС и охвата территории диаметром не менее 2 км;

- соответствие по возможности существующим стандартам.

Требования к взаимодействию устройств в сети:

- возможность для каждого устройства связываться и взаимодействовать с любым другим устройством;

- обеспечение равноправного доступа к физической среде для всех коллективно использующих ее устройств;

- возможность адресации пакетов одному устройству, группе устройств, всем подключенным устройствам;

- обеспечение возможности некоторым пользователям назначать и менять собствен-



ный адрес (в рамках ограничений, сохраняющих целостность сети).

Информационные требования:

обеспечение "прозрачного" режима обслуживания, возможность приема, передачи и обработки любых сочетаний бит, слов и символов, в том числе не кратных восьми (последнее требование противоречит позиции IEEE, согласно которой блок данных должен содержать целое число октетов, однако для некоторых применений это требование IEEE неприемлемо);

отсутствие существенного снижения пропускной способности сети при достижении ее полной загрузки и даже перегрузки в избежание длительной блокировки сети;

небольшая по величине, постоянная и детерминированная (т. е. предварительно рассчитанная) максимальная задержка передачи пакета через ЛВС.

Требования к надежности и верности:

отказ или отключение питания подключенного устройства вызывают только переходную ошибку;

сеть не должна находиться в состоянии неработоспособности более 0,02 % от полного времени работы (это составляет около 20 мин простоя в год для учрежденческой системы и около 2 ч для непрерывно функционирующей системы);

средства обнаружения ошибок выявляют все пакеты, содержащие до четырех искаженных бит. Если же верность передачи достаточно высока, сеть сама не исправляет обнаруженные ошибки; функции анализа, принятия решения и исправления ошибок выполняются подключенными устройствами;

пакет с необнаруженной ошибкой может появляться не чаще одного раза в год (для сети со скоростью передачи 5 Мбит/с вероятность ошибки составит  $10^{-14}$ ); частота обнаруживаемых ошибок  $10^{-8}$  (в некоторых случаях эти требования могут оказаться завышенными);

сеть обнаруживает и индицирует все случаи совпадения сетевых адресов у двух подключенных устройств (в стандарте IEEE это требование не обязательно).

Прочие и специальные требования:

простота подключения к другому связанному оборудованию, в том числе к арендованным линиям, телефонным сетям, сетям передачи данных (общего и частного пользования);

простота интерфейсов между ЛВС и подключенными устройствами;

защита передаваемых данных от случайного или несанкционированного доступа;

наличие средств сопряжения с другими ЛВС (мосты) или с большими сетями (шлюзы);

обеспечение беспроводной связи для мобильных устройств;

интеграция передачи по сети различных видов информации (данных, речи, изображений и др. ).

### 1.3. КОНФИГУРАЦИЯ ЛВС

Конфигурация, или топология ЛВС определяет взаимное размещение станций сети и способ соединения между ними. Существуют следующие топологии ЛВС: шинная, кольцевая, звездообразная, петлевая, древовидная, гибридная и полносвязная.

Шинная топология ЛВС характеризуется использованием разомкнутого сегмента кабеля, к которому с некоторыми интервалами подключены станции. Передаваемая станцией информация распространяется в обе стороны. Применение шин снижает стоимость проводки, повышает надежность системы, унифицирует подключение различных модулей, обеспечивает возможность широковещательного обращения.

Используются два метода передачи сигналов по шине ЛВС: временное и частотное разделение шины. В первом случае каждой станции выделяется определенный временной интервал для ведения передачи. Такие интервалы назначаются централизо-

ванно или распределенно, что определяется сущностью используемого метода доступа к среде. При частотном разделении в одном кабеле организуется несколько параллельных радиочастотных каналов, передача по которым ведется с помощью модемов. Такой метод передачи уже многие годы используется, например, в кабельном телевидении.

В ЛВС кольцевой конфигурации сигналы передаются по кольцу в большинстве случаев только в одном направлении. Каждая станция непосредственно подсоединяется только к двум соседним узлам и "прослушивает" передачу любой другой станции. Кольцо состоит из нескольких приемопередатчиков, соединенных физической средой. В кольцевой ЛВС может отсутствовать центральный управляющий узел и все станции имеют равные права доступа к физической среде. Однако во многих таких ЛВС одна из станций выполняет функции активного монитора, осуществляя инициацию, тестирование кольца, обнаружение и удаление искаженных или дублированных пакетов.

Звездообразная конфигурация ЛВС возникла на основе учрежденческих телефонных сетей с УАТС (учрежденческая автоматическая телефонная станция) в центре сети. Такая конфигурация характерна также и для обычных вычислительных сетей с терминальными устройствами или систем телеобработки данных. В ЛВС в центре звезды может находиться либо пассивный коммутатор, либо активное устройство, которое последовательно опрашивает станции и предоставляет им права на обмен данными. Традиционным методом работы такого типа является коммутация каналов, хотя в последние годы в них начал широко использоваться метод коммутации пакетов. Центральный узел такой ЛВС действует обычно не только как коммутатор, но и как преобразователь скоростей и протоколов.

Петлевые ЛВС возникли как развитие многопунктовых линий с опросом. Но по своей конфигурации они сходны с кольцевыми ЛВС, отличаясь от них методом распределения доступа к физической среде. В петлевой ЛВС имеется управляющая станция (или контроллер), которая определяет, какая конкретная станция и для каких целей может использовать физическую среду. Это достигается циклическим опросом всех станций или же посылкой пустых пакетов-контейнеров, доступных любой станции.

Древовидные ЛВС представляют собой развитые конфигурации шинного типа. Дерево образуется путем подсоединения нескольких простых шин к одной магистральной посредством активных повторителей или пассивных размножителей. В таком виде древовидная ЛВС более всего подходит для передачи модулированных сигналов. При этом выделяются два частотных канала: один для передачи, другой для приема.

На практике часто встречаются различные варианты смешанных или гибридных конфигураций ЛВС.

Полносвязные конфигурации обеспечивают выбор наиболее дешевого маршрута между абонентами и выгодны там, где усложнение логики управления окупается удешевлением связей.

По способу адресации и передачи данных все рассмотренные конфигурации можно сгруппировать в два основных класса ЛВС: широковещательные и последовательные.

В широковещательных конфигурациях каждая станция передает данные, которые могут быть восприняты всеми остальными станциями. К этому классу относятся шинная, древовидная и звездообразная с пассивным коммутатором ЛВС. В последовательных конфигурациях каждая станция передает данные только одной из станций. К этому классу относятся кольцевая, петлевая, звездообразная с активным центром и сети смешанного типа.

Основные качественные характеристики конфигураций ЛВС приведены в табл. 1.2.

### Качественные характеристики конфигураций ЛВС

Конфигурация	Достоинства	Недостатки
Шинная с временным разделением	<p>Простота подключения новых станций и доступ ко всем компонентам сети;</p> <p>возможность эффективного использования пропускной способности сети;</p> <p>приспособленность к резким изменениям объема нагрузки; возможность подключения нескольких низкоскоростных устройств через один интерфейсный модуль; полностью пассивная физическая среда, не требующая электропитания; простота монтажа сети (благодаря отсутствию проблем маршрутизации)</p>	<p>Необходимость сложного интеллектуального устройства для связи со средой и подключения обычных терминалов; возможность взаимного наложения передаваемых по шине сообщений;</p> <p>отсутствие автоматического подтверждения приема; отсутствие контроля за справедливым распределением ресурсов; возможность необнаруживаемого несанкционированного прослушивания передачи; ограниченность общей длины шины</p>
Шинная с частотным разделением	<p>Доступность кабеля и интерфейсных устройств; простота установки и трассировки кабеля, подключения новых ответвлений, новых станций и, следовательно, развития сети; приспособленность сети к продолжительной высокоскоростной передаче данных; возможность совмещенной передачи данных, изображений, речи и т.д. по одному кабелю; возможность охвата большой территории</p>	<p>Необходимость использования дорогостоящих модемов; необходимость в большинстве применений постоянно функционирующего регистратора на конце шины; необходимость надежного снабжения электроэнергией линейных усилителей или повторителей</p>
Кольцевая	<p>Простота маршрутизации, организация широковещательной передачи и разделения пропускной способности между пользователями;</p> <p>отсутствие зависимости от центрального устройства; низкая стоимость повторителей (при однонаправленной передаче); простота</p>	<p>Зависимость надежности сети от всех кабелей и повторителей; необходимость в большинстве случаев наличия мониторинговой станции; сложность удлинения кольца и подключения новых станций без прерывания функционирования кольца; задержка сигналов повторителями;</p>

идентификации неисправных участков; низкая вероятность ошибок передачи, простота их обнаружения и автоматическое подтверждение приема; гарантированный доступ к среде даже в сильно загроуженной сети; возможность высоких скоростей передачи и использования комбинированной физической среды

необходимость близкого взаимного расположения повторителей и, следовательно, наличия большого их числа; сложность трассировки кабеля в некоторых случаях

## Звездообразная

Простота доступа многих абонентов к одному центру обслуживания, возможность обслуживания простейших терминалов; возможность использования в разных направлениях различных типов каналов и скоростей передачи; простота обнаружения и устранения неисправностей; высокий уровень защиты от несанкционированного доступа к данным; простота адресации, контролируемой из центра; возможность интегрированной передачи данных и речи (интегрированной обработки учрежденческой информации)

Зависимость работоспособности сети от надежности центрального узла; сложность технологии и высокая стоимость центрального узла; необходимость портов в центральном узле для каждой линии или группы линий; пониженная (в сравнении с шинной и кольцевой топологиями) интенсивность потоков входных данных; высокие затраты на кабельные соединения

## Древовидная

То же, что и при шинной топологии с временным разделением, и, кроме того, большие возможности изменения конфигурации и наращивания сети целыми группами станций

То же, что и при шинной топологии, кроме того, сложность управления при передаче немодулированных сигналов; необходимость тщательного подбора кабельных ответвлений с согласованными параметрами; более низкая скорость по сравнению с однокабельной шиной

## Петлевая

Удобство взаимосвязи устройств с малыми вычислительными возможностями; низкая стоимость прокладки кабеля; использование известных процедур управления взаимодействием с ЭВМ; простота подключения новых станций

Зависимость функционирования сети от управляющего узла; невысокие скорости передачи данных; взаимодействие между станциями только через управляющий узел



## 1.4. АРХИТЕКТУРА ЛВС

Комитет IEEE в проекте 802 модифицировал два нижних уровня эталонной модели взаимосвязи открытых систем (ВОС) МОС [9] (рис. 1.1,а), приспособив ее к задачам построения ЛВС. Предложенная IEEE модель ЛВС, принятая также подкомитетом (ПК) 6 технического комитета (ТК) 97 МОС в проекте стандарта 8802, показана на рис. 1.1 б и в.

Согласно модели уровень звена данных делится на два подуровня: управления логическим звеном (УЛЗ) и управления доступом к среде (УДС).

В функции подуровня УЛЗ входят адресация станций, передача кадров данных между станциями и управление потоком данных. Протокол УЛЗ не зависит от особенностей физической среды и методов доступа к ней, если не считать временных соотношений. Протокол и услуги подуровня УЛЗ рассматриваются в разд. 2.

Подуровень УДС реализует алгоритм доступа к среде, определяющий основные особенности ЛВС, и адресацию станций. На подуровень УДС возлагается функция совместного использования физической среды и контроль достоверности данных.

Методы совместного использования физической среды делятся на следующие классы: опрос, передача маркера, соперничество (случайный доступ), резервирование времени, сегментированная передача, вставка регистра и радиочастотная модуляция.

В системах с селективной передачей (два первых метода) станции могут осуществлять передачу только после получения соответствующего разрешения. Опросом называется алгоритм передачи станциям разрешения на передачу по очереди. Передача маркера (права) называется алгоритм передачи разрешения на передачу от одной станции к другой.

В системах с соперничеством каждая станция перед началом передачи пытается "захватить" физическую среду с соблюдением определенной дисциплины, минимизирующей возможности и последствия наложения нескольких сигналов.

В системах с резервированием времени любая станция осуществляет передачу только в течение временных интервалов, заранее зарезервированных для нее при генерации системы, в начале соединения и в произвольные моменты.

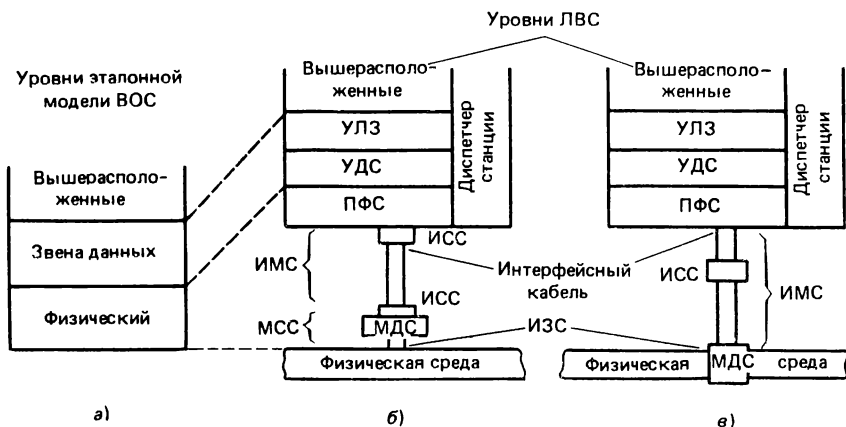


Рис. 1.1. Архитектура нижних уровней ЛВС в сопоставлении с архитектурой эталонной модели ВОС

При сегментированной передаче фиксированное число сегментов постоянно циркулирует по кольцу ЛВС и станции заполняют и освобождают их по мере необходимости.

При вставке регистра любая станция может поместить в кольцо между двумя передаваемыми последовательными пакетами регистр, содержащий пакет.

Метод радиочастотной модуляции в коаксиальном кабеле применяется в некоторых системах как основа построения совместно используемой шины передачи дискретных сигналов. Метод позволяет обслуживать по единственному кабелю несколько независимых ЛВС или комбинировать ЛВС с другими типами цифровых коммуникаций. Такие системы называются широкополосными ЛВС.

Основные стандартизуемые в IEEE и МОС методы доступа к среде более подробно рассмотрены в разд. 3 — 7.

Физический уровень обеспечивает сопряжение станции с физической средой, кодирование и декодирование сигналов, их буферизацию, поддерживает и восстанавливает битовую синхронизацию.

Физический уровень делится на три подуровня: передачи физических сигналов (ПФС), интерфейса с модулем сопряжения (ИМС) и модуля сопряжения со средой (МСС).

Подуровень ПФС выделяется с целью облегчения схемной интеграции с уровнем звена данных и обеспечивает для подуровня УДС последовательный побитовый интерфейс с физической средой.

Подуровень ИМС представляет собой интерфейсный кабель с соединителями, позволяющий размещать станцию на некотором удалении от среды. Кабель может заканчиваться соединителями с ПФС и МДС (рис. 1.1,б) или же жестко соединяться с ПФС и МДС и иметь один соединитель в разрыве кабеля (рис. 1.1,а).

Подуровень МДС согласует параметры сигналов, поступающих из ПФС, с характеристиками физической среды, обеспечивая использование определенного ПФС различными типами физической среды.

В ЛВС некоторых типов выделяется еще один подуровень — модуль доступа к среде (МДС), представляющий собой часть МСС и содержащий схемы подключения станции к физической среде.

В архитектуре ЛВС выделяется также интерфейс, зависящий от среды (ИЗС). Характеристики этого интерфейса определяются свойствами физической среды и способом соединения модуля МДС со средой: с прямым электрическим контактом с кабелем, через фантомную (искусственную) цепь (рис. 1.1, б) либо в разрыве кабеля (рис. 1.1, в).

Дискретные сигналы могут быть представлены в физической среде двумя основными способами: в основной полосе частот (сигнал передается непосредственно в физическую среду) и в виде широкополосной передачи (дискретный сигнал служит для модуляции несущего сигнала, который и подается в физическую среду).

Соединитель МДС может быть пассивным, не выполняя никаких сетевых функций кроме передачи и приема сигналов для устройств, которые он обслуживает, и активным, выполняя сетевые функции и обеспечивая передачу сигналов между другими устройствами сети. Пассивный соединитель, в отличие от активного, может быть удален из сети без влияния на процесс передачи данных.

В сетях с коаксиальным кабелем соединитель имеет прямой электрический контакт с проводником в кабеле. Обычно кабель прокалывается двумя зондами, один из которых контактирует с внешним металлическим экраном, другой — с центральным проводником. При другом варианте соединитель вставляется в разрывы кабеля.

Пассивные соединители (используются совместно с приемопередатчиком) оказывают влияние на характеристики физической среды. Для неидеальной передачи они

размещаются на кабеле через определенные интервалы и в ограниченном количестве.

Пассивные соединители обладают многими достоинствами (легко согласуются с передающей средой, сами по себе не требуют разрыва кабеля, имеют невысокую стоимость) и рядом недостатков (невысокая надежность при неблагоприятных условиях и ограниченная дальность распространения сигналов, а следовательно, размеров сети).

В широкополосных сетях обычно используются активные соединители. Они применяются в сетях кольцевого типа для постоянной регенерации сигналов (повторитель сигналов). Повторитель состоит из приемного модуля, модуля регенерации и передающего модуля, посылающего сигналы следующему модулю.

Преимущества активных соединителей по сравнению с пассивными: существенно большая дальность передачи сигналов благодаря возможности их регенерации; пониженные требования к качеству физической среды; возможность проверки повторителем целостности передаваемых через него данных; гибкость доступа к среде и управления сетью; возможность использования различных физических сред на входе и выходе повторителя.

Недостатки активных соединителей: возможность снижения скорости передачи данных в сети за счет ограничений повторителей; необходимость обхода или замены повторителя в случае его сбоя; необходимость разрыва физической среды для вставки повторителя.

## 1.5. ФИЗИЧЕСКАЯ СРЕДА

Физическая среда ЛВС представляет собой физический материал, вдоль которого перемещается информация. В качестве такого материала могут использоваться различные виды кабелей (симметричные, коаксиальные, волоконно-оптические), а также эфир (радио-, микро-волновые, инфракрасные каналы). В табл. 1.3 приведены основные параметры наиболее распространенных видов физической среды. Их краткие характеристики рассмотрены ниже, а более подробно — в [2 — 4].

Симметричный кабель состоит из оболочки (с экраном или без), внутри которой содержится одна или несколько пар проводников. Симметричные кабели используются для телефонной связи и при подключениях телексных терминалов. При использовании на АТС электронных коммутаторов с цифровой передачей речи возможно построение ЛВС на имеющихся каналах. В ЛВС симметричные кабели применяются, как правило, в режиме передачи немодулированных сигналов, причем две или более пары проводников отводятся для передачи сигналов оповещения о предстоящей передаче данных. До недавнего времени одним из недостатков симметричных однопарных кабелей являлась низкая скорость передачи (до 1 Мбит/с). В настоящее время на таких кабелях достигнута скорость 10 Мбит/с и ожидается, что она может быть увеличена еще почти на порядок.

Симметричные многопарные кабели применяются в целом ряде ЛВС. Отдельные провода кабеля могут использоваться для разных целей (передача данных, сигналов идентификации, индикация состояний и др.). Передача данных по нескольким параллельным линиям умножает пропускную способность всего кабеля (сотни мегабит в секунду) при сравнительно малой скорости передачи сигналов по одному проводу (десятки мегабит в секунду). Низкая скорость передачи сигналов снимает проблемы отражения сигналов и согласования импедансов, характерные для высокоскоростных линий, упрощает и удешевляет интерфейсные схемы, хотя и увеличивает их необходимое число.

Сравнительные характеристики физических сред ЛВС

Характеристика	Тип физической среды				
	Симметричный кабель		Коаксиальный кабель	Волоконно-оптический кабель	Эфир
	Однопарный	Многопарный			
Скорость передачи, Мбит/с	До 10	300...500	До 140	До 560	До 20 000
Дальность передачи по одному сегменту, км	0,01...0,1	До 300	До 2,5	До 200	До 20
Типичное число узлов в сети	10...100	Согни на канал	До 100	2 (кольцевые точки)	
Сложность соединения	Низкая	Высокая	Средняя	Очень высокая	Низкая
Возможность ответвления	Плохая	Отличная (тысячи узлов)	Средняя (100 узлов)	Плохая	Отличная
Возможность передачи различных видов информации	Низкая	Хорошая	Ограниченная	Очень хорошая	Очень хорошая
Помехозащищенность	Средняя	Средняя	Высокая	Очень высокая	Высокая
Относительная стоимость (1 м)	1	5	10	50	



Основными недостатками симметричных кабелей остаются простота несанкционированного доступа и чувствительность к электромагнитным помехам (при отсутствии экрана). Поэтому симметричные кабели применяются главным образом в кольцевых сетях, где используются повторители, имеется возможность стыковать различные типы кабелей и вставлять в критическом месте нечувствительную к помехам секцию кабеля.

Коаксиальный кабель состоит из внутреннего проводника, окруженного слоем изолирующего материала, внешнего проводника и оболочки. Существует много разновидностей коаксиального кабеля с разными характеристиками. Коаксиальные кабели отличаются широкой полосой пропускания, обладают меньшим затуханием, более высокой устойчивостью к наводкам и т.д. Высококачественный кабель обладает большой жесткостью, и его трудно монтировать. Кроме того, электрические характеристики коаксиального кабеля (например, его волновое сопротивление в рабочем диапазоне частот составляет 50...75 Ом/м) делают его неудобным для многих целей. Но он очень удобен для передачи высокочастотных сигналов при сохранении относительной устойчивости к электрическим наводкам, а также для передачи модулированных и немодулированных сигналов. Кабель отличается надежностью, простотой конструкции и умеренной массой. В сетях кабельного телевидения используется коаксиальный кабель с полосой пропускания более 300 МГц, обеспечивающий передачу на большие расстояния. В режиме передачи немодулированных сигналов коаксиальный кабель позволяет передавать информацию со скоростью 10 Мбит/с. Эти свойства коаксиального кабеля обусловили его использование в качестве физической среды большинства ЛВС.

В некоторых экспериментальных системах, системах коммунального назначения (например, для дистанционного управления освещением) используются силовые кабели, общедоступные и всегда готовые к эксплуатации. Однако низкая скорость передачи, сложность регулирования, проблемы безопасности и возможность воздействия со стороны других подобных систем ограничивает их применение в ЛВС.

В ряде систем (например, в Series 1 Ring (CM/1) фирмы IBM) применяются биаксиальные и триаксиальные кабели, которые имеют лучшие электрические характеристики, чем коаксиальный кабель.

Волоконно-оптический кабель (световод) основан на использовании в качестве проводящей среды сверхпрозрачного стекловолокна. Теоретический предел пропускной способности световода определяется сотнями гигабит в секунду, а на практике уже достигнута скорость 2,41 Гбит/с [5]. Помимо высокой скорости передачи к достоинствам световода следует отнести его высокую помехозащищенность, защищенность от несанкционированного доступа и небольшую массу. К его недостаткам относятся высокая стоимость и сложность подключения новых станций из-за неразвитости технологии волоконно-оптических разветвителей, по световодам нельзя передавать электрическую энергию для повторителей и других устройств. Подключение ответвителей вызывает значительное ослабление сигналов. Сигналы могут передаваться по кабелю только в одном направлении. Ожидается, однако, что многие из перечисленных проблем будут решаться по мере развития технологии волоконной оптики и расширения ее применения в ЛВС.

Световоды применяются в ЛВС кольцевой и звездообразной конфигурации,

например в ЛВС Fibernet фирмы Хегох, имеющей топологию звезды. Они наиболее подходят для взаимосвязей больших ЭВМ, где требуются высокие скорости передачи. В то же время их применение для работы при средних и низких скоростях не считается целесообразным.

Новым типом физической среды для ЛВС является эфир, в котором могут быть организованы радиоканалы, инфракрасные каналы и микроволновые каналы.

Радиоканал наиболее пригоден для обслуживания мобильных станций. В стационарных ЛВС радиоканалы используются редко из-за экранированности зданий и узкой полосы доступных радиочастот.

Инфракрасный канал обеспечивает высокие скорости передачи (несколько мегабит в секунду) на расстояние прямой видимости. В отличие от радиоканалов он нечувствителен к электромагнитным помехам и не занимает полосы частот радио- или видеосигналов. К недостаткам инфракрасного канала следует отнести небольшую дальность передачи.

Микроволновый канал обеспечивает еще более высокие скорости (до 20 Гбит/с) на расстояния 15...20 км (при обеспечении прямой видимости).

## 1.6. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛВС

Многими авторами предложены различные системы классификации ЛВС. В некоторых работах ЛВС классифицируются только по одному какому-либо признаку. Многофункциональная классификация с охватом достаточно широкого класса признаков ЛВС представлена в [6, 7, 8]. Следует отметить, однако, несовпадение в этих работах выбранных наборов признаков и, кроме того, в них не учтены некоторые последние усовершенствования, в частности, расширение типов физической среды и интерфейсов, появление множества комбинаций различных типов оборудования и программных средств.

Ниже обобщены представленные в различных источниках системы классификации ЛВС с учетом последних расширений их характерных признаков и усовершенствований.

Сфера применения	– учрежденные, заводские, бытовые.
Функциональное назначение	– распределенная обработка данных, удаленный ввод-вывод, научная деятельность, образование, резервирование мест, финансовые операции, производственное управление и учет.
Размеры	– здание, территория предприятия, город.
Вид трафика	– непрерывный, групповой, внутренний, внешний.
Топология	– шинная, кольцевая, звездообразная, петлевая, древовидная, смешанная, полносвязная, матричная.
Физическая среда	– симметричный кабель, коаксиальный кабель, силовой кабель, волоконно-оптический кабель, радиоканал, инфракрасный канал, микроволновый канал.

Метод доступа к среде

— опрос, передача маркера, соперничество, сегментированная передача, вставка регистра, резервирование времени, радиочастотная модуляция.

Структура внутренней адресации

— плоская, иерархическая, групповая, расширение адресного пространства.

Адресация абонентов других ЛВС

— доступ через фиксированные соединения, доступ через коммутируемые соединения глобальных сетей, адрес абонента — часть общего адресного пространства нескольких ЛВС, адрес абонента — подадрес глобального адреса (в рамках глобального адреса) удаленной ЛВС.

Адресация со стороны служб общего пользования

— адресация к шлюзам (адрес шлюза относится к области общей адресации), адресация непосредственно к абонентам ЛВС (в области общей адресации).

Помимо перечисленных характеристик и особенностей ЛВС они различаются между собой следующими признаками: способом внутренней и внешней (со стороны других ЛВС или сетей общего пользования) адресации абонентов; классами сообщений и услуг, обеспечиваемых сетью (приоритетность, временные ограничения, многопунктовость, широкополосность и др.); временем ответа для внешних абонентов; скоростью передачи сообщений или пакетов в единицах пакет/сообщение; форматом сообщений (фиксированный или переменный); характером изменения производительности сети от нагрузки в течение суток; степенью доступности к сети или к отдельным ее станциям; надежностными параметрами; требованиями к эксплуатации.

Важной характеристикой ЛВС являются также ее территориальные параметры: максимальное расстояние между узлами; общая длина физической среды; максимальное число подключенных станций; общие размеры территории, охватываемой одной ЛВС.

## 1.7. МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Среди большого разнообразия методов создания ЛВС наибольшее применение должны найти методы, принятые в качестве международных стандартов, поскольку они в течение многих лет исследовались в научных лабораториях, апробированы во многих странах и учитывают возможности дальнейшего развития ЛВС.

При стандартизации ЛВС главным образом учитывают их особенности и специфику применения. На верхних уровнях (начиная с транспортного) протоколы ЛВС близки к аналогичным протоколам эталонной модели ВОС [9] или совпадают с ними. На нижних уровнях (особенно на уровне звена данных и физическом) в значительной мере проявляется специфика ЛВС, обуславливающая разработки отдельных стандартов.

Работы по стандартизации ЛВС ведутся в нескольких основных направлениях (в основном независимо): для крупных ЭВМ, учреждений, бытовых применений, распределенных систем управления технологическими процессами.

Стандартизацией ЛВС крупных ЭВМ занимается комитет ХЗТ9.5 института ANSI (США). В 1928 г. комитет подготовил стандарт для ЛВС со скоростью передачи 50 Мбит/с. Стандарт представлен в подкомитет МОС/ТК97/ПК13, на основе которого ПК13

ведет разработку стандарта МСC 9314 (в трех частях).

К разработке учредительских ЛВС одной из первых приступила фирма Xerox, учредив консорциум Ethernet, в который кроме Xerox вошли фирмы Intel и DEC. В 1980 г. консорциум выпустил документацию на сеть Ethernet, которая на долгое время стала фактическим стандартом для ЛВС шинной конфигурации.

В 1980 г. в институте IEEE организован "Комитет 802 по стандартизации ЛВС". Работы комитета проводятся в двух направлениях стандартизации протоколов: шинной ЛВС на основе сети Ethernet и кольцевой ЛВС с маркерным доступом. Результаты работ взяты МСC/ТК97/ПК6 за основу при разработке комплекса международных стандартов 8802-1...5.

В Великобритании создан метод тактированного доступа к кольцу, использованный в ЛВС "Кембриджское кольцо". Набор национальных стандартов Британского института стандартов BSI по указанному методу представлен в МСC/ТК97/ПК6 и принят в качестве исходной версии стандарта 8802-7.

В СССР разработан интервально-маркерный метод доступа [10], применимый к кольцевой, шинной и ряду других топологий ЛВС, не охватываемых разрабатываемыми международными стандартами. Этот метод представлен в качестве вклада СССР в МСC [11] и положен в основу разрабатываемого стандарта СЭВ (СТ СЭВ) и Государственного общесоюзного стандарта.

В 1982 г. работы по стандартизации ЛВС включился ТК24 ЕСМА, опубликовав стандарты ЕСМА-80, 81, 82 для ЛВС, аналогичной Ethernet, и впоследствии стандарты ЕСМА-89, 90 по методу передачи маркера.

В МЭК комитет 65А разработал стандарт PROWAY для распределенных систем управления технологическими процессами.

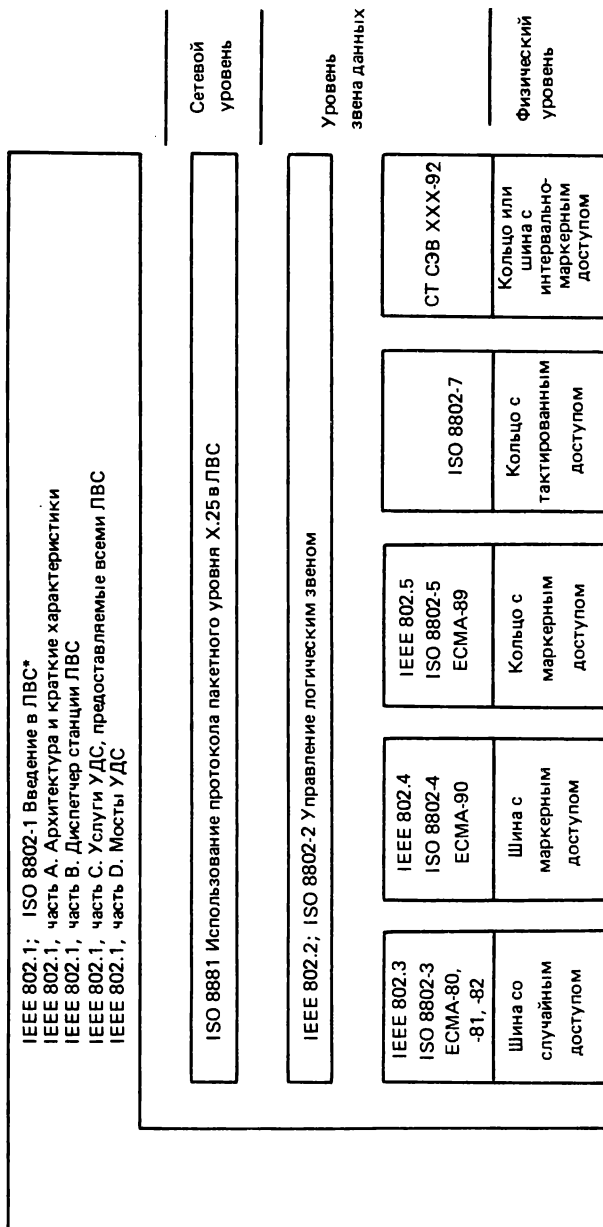
Активную деятельность по разработке и стандартизации ЛВС развернули в последние годы крупные фирмы, не связанные с разработкой средств обработки данных. В 1982 г. фирма General Motors Corp. определила набор стандартов, ориентированный на взаимосвязь производственного оборудования систем управления (датчиков, станков с ЧПУ, роботов, ЭВМ и др.) и получивший название MAP (Manufacturing Automation Protocol).

Аналогичные усилия предприняты фирмой Boeing, определившей набор протоколов для технических учреждений TOP (Technical Office Protocols). Протоколы TOP базируются на ЛВС типа Ethernet и четырех уровнях (сетевом, транспортном, сессий и представления данных) эталонной модели ВОС/МСC и в определенной степени совместимостью с протоколом MAP.

Важным событием в разработке и стандартизации ЛВС стало создание фирмой IBM кольцевой сети с маркерным доступом и пропускной способностью 4 Мбит/с. Организация этой сети в основном аналогична стандарту МСC 8802-5.

Как и в любом другом новом научно-техническом направлении, в сфере ЛВС возникла своя специфичная терминология и, как следствие, задача ее стандартизации. Эта задача решается в МСC/МЭК ОТК1/ПК1 разработкой стандарта МСC 2382/25 "Локальные вычислительные сети. Терминология". Приведенные в начале каждого раздела термины и их определения основаны на проекте указанного стандарта МСC.

Планом государственной стандартизации СССР и планом разработки стандартов СЭВ предусмотрена разработка в период 1990 — 1993 гг. комплекса ГОСТов и СТ СЭВ в



\* В начальной стадии разработки

Рис. 1.2. Международные стандарты по ЛВС

области локальных вычислительных сетей на основе разработанных и разрабатываемых международных стандартов МОС. Краткое описание международных стандартов по ЛВС можно найти в [12]. В последующих разделах приведены более подробные сведения об основных разработанных и разрабатываемых в МОС, ЕСМА, ANSI/IEEE стандартах по ЛВС. Перечень основных международных стандартов по ЛВС приведен в приложении 1. Структура этих стандартов и их место в базовой эталонной модели ВОС приведены на рис. 1.2.

## Раздел 2

### УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИМ ЗВЕНОМ

#### 2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 2.1.1. Основные понятия

Помимо общих терминов, определения которых приведены в 1.1.1, в данном разделе используются следующие понятия.

Звено данных (Data link) — совокупность канала передачи данных и двух или более логических станций звена данных, подключенных к этому каналу и участвующих в передаче данных при отсутствии промежуточных пунктов хранения или обработки данных.

Протокол (Protocol) — совокупность правил, определяющих взаимосвязь между распределенными логическими объектами одного уровня с целью выполнения набора требуемых услуг.

Услуга (Service) — функциональная возможность, которую данный уровень во взаимодействии с нижерасположенными уровнями обеспечивает смежному верхнему уровню или диспетчеру станции.

Протокольный блок данных ПБД (Protocol data unit PDU) — блок данных, передаваемый между логическими объектами одного и того же уровня.

Сервисный блок данных СБД (Service data unit SDU) — блок данных, передаваемый между логическими объектами смежных уровней.

Команда (Command) — ПБД, содержащий инструкцию адресуемому протокольному логическому объекту.

Ответ (Response) — ПБД, передаваемый в результате выполнения принятой ранее команды.

Примитив (Primitive) — элементарная единица взаимодействия смежных уровней в процессе выполнения услуги.

Режим асинхронного ответа РАО (Asynchronous response mode ARM) — режим работы УЛЗ, при котором ПБД-ответы могут передаваться без предварительного приема разрешающей ПБД-команды.

Особое условие (Exception condition) — состояние, возникающее в результате ошибки передачи ПБД или неправильного функционирования удаленного логического объекта.

## 2.1.2. Состояние стандартизации УЛЗ

Управление логическим звеном архитектурной модели ЛВС (см. рис. 1.1) можно рассматривать как верхний подуровень уровня звена данных (УЗД) эталонной модели ВОС, протоколы которого стандартизованы:

МОС под названием процедур HDLC (МОС: 3309, 4335, 7809);

МККТТ под названием протокола LAPB (X.25, уровень 2);

ЕСМА под названием процедур HDLC (ЕСМА-40, 49, 60, 61, 71);

ANSI (США) под названием процедур ADCCP (X3. 28-76);

в СССР и странах-членах СЭВ под названием "Метод синхронной побитовой передачи данных" (СТ СЭВ 6179-88).

Услуги УЗД стандартизованы МОС 8886 и рекомендацией X.212 МККТТ.

Управление логическим звеном ЛВС стандартизовано в ЕСМА-82, IEEE 802.2 и в основанном на этом стандарте МОС 8802-2, к которому в настоящее время готовятся два дополнения.

## 2.1.3. Функции и компоненты УЛЗ

Функции УЛЗ в ЛВС в основном аналогичны функциям УЗД эталонной модели ВОС, хотя перечисленные в разд. 1 особенности ЛВС предъявляют некоторые специфические требования к протоколам УЛЗ.

К основным особенностям протоколов УЛЗ относятся следующие:

низкая вероятность искажения данных при передаче по физической среде ЛВС позволяет применять простейшие протоколы обмена;

Функции обеспечения кодонезависимости и помехозащищенности передаваемой информации сняты с УЛЗ и возложены на УДС;

используются двуадресные ПБД, содержащие адрес как получателя, так и отправителя (в распределенных глобальных сетях применяются, как правило, одноадресные ПБД УЗД);

в УЛЗ передача ПБД на уровень УДС еще не означает его реальную отправку на другую станцию ЛВС; УДС согласует дуплексный режим работы УЛЗ с полудуплексным режимом работы физического уровня, буферизуя ПБД с тем, чтобы при получении доступа к физической среде передать их по назначению. Следовательно, УЛЗ может модифицировать буферизованные ПБД до начала их фактической передачи на другую станцию.

Как в IEEE 802.2, так и в основанном на этом стандарте МОС 8802-2 определены два типа процедур: 1 и 2.

Процедуры типа 1 обеспечивают услуги по передаче данных без установления соединения на УЛЗ и без подтверждения доставки данных. Эти процедуры сравнительно просты и обеспечивают возможность широковещательной передачи.

Процедуры типа 2 обеспечивают обмен данными между двумя логическими объектами сетевого уровня с предварительным установлением соединения на УЛЗ. При этом обеспечивается подтверждение доставки данных, их целостность и управление потоком данных. Процедуры УЛЗ типа 2 сходны с процедурами LAPB МККТТ.

В МОС 8802-2 процедуры типа 1 рассматриваются как обязательные для каждой

станции ЛВС, процедуры типа 2 — как факультативные, т. е. реализуемые по мере необходимости. В зависимости от набора реализуемых процедур УЛЗ каждой станции ЛВС относится к одному из двух классов: класс I соответствует реализации процедур только типа 1, класс II — реализации процедур обоих типов. В последнем случае процедуры 1 и 2 выполняются независимо друг от друга.

Разрабатываемое в настоящее время дополнение 1 к МОС 8802-2 определяет процедуры типа 3 — без установления соединения, но с подтверждением. Передача очередного информационного ПБД производится только после приема подтверждения на предыдущий ПБД. По сложности и объему предоставляемых услуг процедуры типа 3 занимают промежуточное положение между процедурами типов 1 и 2. При введении в МОС 8802-2 процедур типа 3 к двум существующим классам УЛЗ добавляется еще два: класс III и класс IV. Соотношение классов и типов процедур УЛЗ показано в табл. 2.1.

**Соотношение классов и типов процедур УЛЗ**

Тип процедуры	Класс УЛЗ			
	I	II	III	IV
1	+	+	+	+
2		+		+
3			+	+

Подуровень УЛЗ состоит из совокупности логических объектов, распределенных по станциям ЛВС. Каждый логический объект УЛЗ можно представить в виде иерархической совокупности компонентов трех типов: СТАНЦИЯ, ТОЧКА ДОСТУПА К УСЛУГАМ (ТДУ) и СОЕДИНЕНИЕ (рис. 2.1). Компонент каждого типа характеризуется определенным набором выполняемых процедур.

Компонент СТАНЦИЯ обрабатывает те события, которые влияют на весь логический объект УЛЗ в целом. Для каждой ТДУ УДС должен существовать один компонент СТАНЦИЯ. Компонент ТДУ обрабатывает сообщения и события, адресованные данной точке доступа к услугам УЛЗ. В одном логическом объекте УЛЗ может существовать несколько компонентов ТДУ. Компонент СОЕДИНЕНИЕ присутствует в логических

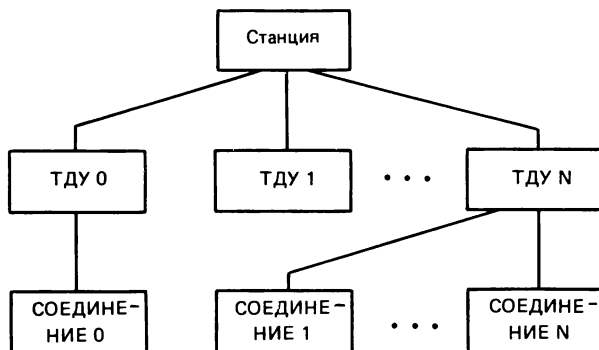


Рис. 2.1. Взаимосвязь компонентов логического объекта УЛЗ



объектах УЛЗ, соответствующих классу II, и выполняет процедуры типа 2. Он обслуживает только одно соединение и идентифицируется парой адресов ТДУ УЛЗ (отправителя и получателя).

Протокол УЛЗ определяет взаимодействие распределенных логических объектов УЛЗ, которое осуществляется путем обмена между ними протокольными блоками данных звена (ПБДЗ).

Стандарт МОС 8802-2, как и IEEE 802.2, наряду с определением протокола УЛЗ содержит спецификацию услуг УДС и УЛЗ. В этой части содержатся наиболее существенные различия между указанными стандартами.

## 2.2. СПЕЦИФИКАЦИЯ УСЛУГ

В соответствии с местом УЛЗ в архитектуре ЛВС (см. рис. 1.1) оно имеет три интерфейса: с сетевым уровнем, с подуровнем УДС и с диспетчером станции. На каждом интерфейсе должен быть определен соответствующий набор услуг.

В настоящее время интерфейс УЛЗ с диспетчером станции находится на стадии изучения в МОС. Два других интерфейса определены в виде набора примитивов и соответствующего набора параметров для каждого примитива, а также правил обмена этими примитивами (в виде временных диаграмм, рис. 2.2, а) в соответствии с соглашениями по услугам, изложенными в техническом отчете МОС/ТО 8509.

### 2.2.1. Услуги УЛЗ на интерфейсе с сетевым уровнем

В соответствии с двумя режимами работы УЛЗ предусмотрено два вида услуг, которые УЛЗ может оказывать сетевому уровню. Услуги, обеспечиваемые подуровнем УЛЗ в режиме 1, позволяют осуществлять обмен сервисными блоками данных звена (СБДЗ) между логическими объектами сетевого уровня без предварительного установления логического соединения на УЛЗ и без выдачи подтверждения на посланный СБДЗ. Передача СБДЗ может быть адресована одному, группе или всем логическим объектам сетевого уровня. Услуги УЛЗ в режиме 2 обеспечивают установление логического соединения между двумя логическими объектами УЛЗ, использование этого соединения для передачи информации сетевого уровня и последующее его разъединение. Перечень услуг УЛЗ сетевому уровню приведен в табл. 2.2, а параметры и назначение примитивов — в табл. 2.3.

Как видно из табл. 2.2, в режиме 1 предусмотрена всего одна услуга, которая обеспечивает передачу одного блока данных. Логический объект сетевого уровня инициирует эту услугу выдачей подуровню УЛЗ примитива ЗД\_БЛОК\_ДАННЫХ.запрос. После успешной передачи блока данных УЛЗ выдает сетевому объекту-получателю примитив ЗД\_БЛОК\_ДАННЫХ.индикация. Временная последовательность примитивов при выполнении этой услуги показана на рис. 2.2, г.

В режиме 2 УЛЗ обеспечивает следующие услуги: установление соединения (рис. 2.2, ж), передачу данных (рис. 2.2, з) и разъединение соединения. При установленном соединении предусмотрена услуга сброса соединения. Она приводит соединение в исходное состояние и применяется при возникновении ошибок, не устранимых на УЛЗ.

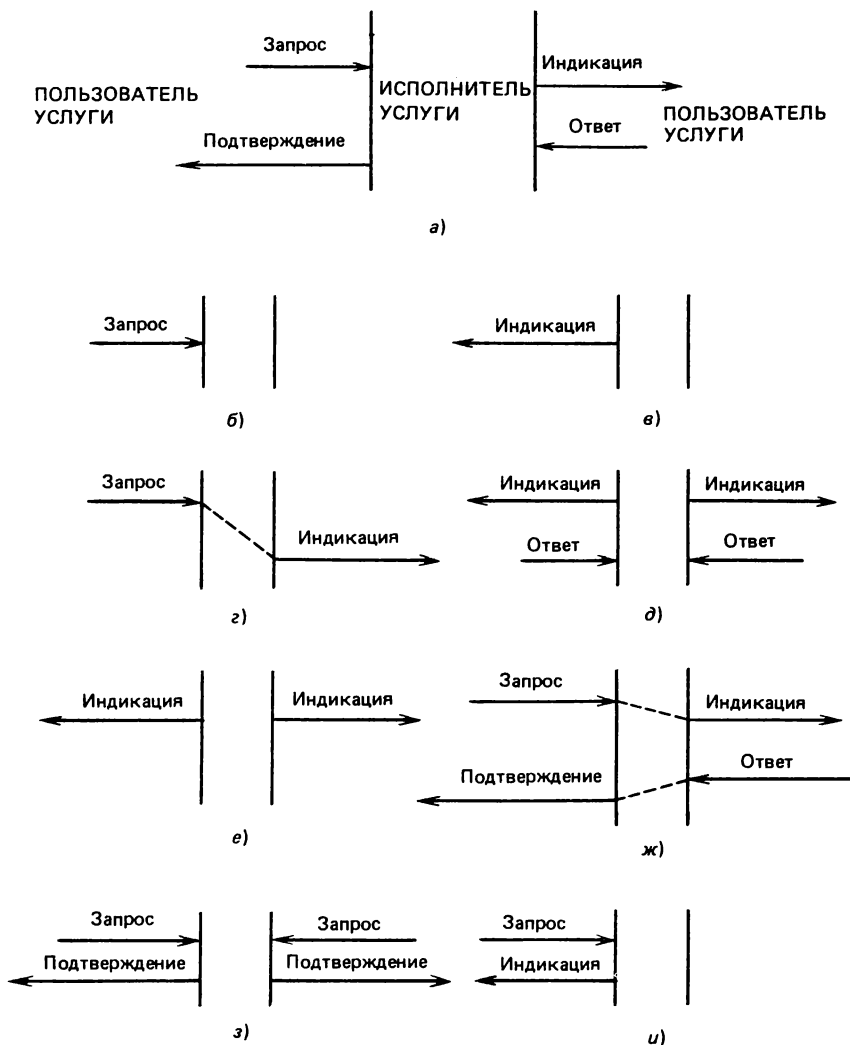


Рис. 2.2. Временные диаграммы примитивов

Сброс и разъединение могут быть инициированы либо логическим объектом сетевого уровня (рис. 2.2, ж и з соответственно), либо логическим объектом УЛЗ по внутренним причинам (рис. 2.2, д и е), либо обоими одновременно (рис. 2.2, з и и).

Услуга разъединения, как и услуга сброса, носит разрушающий характер, т.е. блоки данных, не подтвержденные к моменту запроса услуги, аннулируются, и сетевой уровень не получает об этом никаких сведений. Чтобы гарантировать доставку всех

## Перечень услуг подуровня УЛЗ

Режим работы	Наименование услуги	Примитивы
Без установ- ления соединения	Передача блока данных	ЗД_БЛОК_ДАННЫХ.запрос ЗД_БЛОК_ДАННЫХ.индикация
С установлением соединения	Установление соединения	ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.запрос ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.индикация ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.ответ ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.подтверждение
	Передача данных	ЗД_ДААННЫЕ.запрос ЗД_ДААННЫЕ.индикация
	Разъединение соединения	ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ.запрос ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ.индикация
	Сброс соединения	ЗД_СБРОС.запрос ЗД_СБРОС.индикация ЗД_СБРОС.ответ ЗД_СБРОС.подтверждение
	Управление потоком данных	ЗД_СОЕДИНЕНИЕ_УПРАВЛЕНИЕ.запрос ЗД_СОЕДИНЕНИЕ_УПРАВЛЕНИЕ.индикация

данных, логический объект сетевого уровня перед выдачей запроса на разъединение должен выждать определенный тайм-аут или предпринять другие меры контроля.

Услуга управления потоком данных регулирует поток примитивов ЗД\_ДААННЫЕ на локальном интерфейсе УЛЗ — сетевой уровень. При этом примитив ЗД\_СОЕДИНЕНИЕ\_УПРАВЛЕНИЕ.запрос управляет потоком примитивов ЗД\_ДААННЫЕ.индикация (рис. 2.2, б), а примитив ЗД\_СОЕДИНЕНИЕ\_УПРАВЛЕНИЕ.индикация (рис. 2.2, в) — потоком примитивов ЗД\_ДААННЫЕ.запрос. Эта услуга особенно полезна в ситуациях, когда УЛЗ и сетевой уровень реализованы в разных устройствах и логический интерфейс между уровнями 2 и 3 совпадает с физическим интерфейсом между ними. В этих случаях обмен примитивами сопровождается реальной пересылкой данных между двумя устройствами с возникающей в таких случаях проблемой буферизации данных и, следовательно, управления потоком.

Сравнивая услуги УЛЗ ЛВС, специфицированные в МОС 8802-2, с услугами уровня звена данных для ВОС (МОС 8886), можно отметить их большое сходство (табл. 2.4). Но несмотря на то, что в обоих стандартах предусмотрены услуги двух типов (с

Параметры и назначение примитивов услуг УЛЗ

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
ЗД_БЛОК_ДАННЫХ. запрос	Адрес_отправителя	Запрашивает передачу	УЛЗ пытается передать блок данных, используя процедуры типа 1	Адрес получателя может быть индивиду- альным, групповым или глобальным
	Адрес_получателя	отдельного блока данных		
	Данные	без установления		
	Приоритет	соединения и подтверждения приема		
ЗД_БЛОК_ДАННЫХ. индикация	Адрес_отправителя	Указывает на прием	Не определены	
	Адрес_получателя	блока данных в режиме		
	Данные	1 от удаленного		
	Приоритет	логического объекта		
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ. запрос	Адрес_отправителя	Запрашивает	УЛЗ начинает устанавливать соединение	
	Адрес_получателя	установление логического		
	Приоритет	соединения		
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ. индикация	Адрес_отправителя	Указывает, что	Логический объект сетевого уровня должен выдать в ответ либо ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.ответ, либо ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ.запрос (в случае отказа от соединения)	
	Адрес_получателя	отправитель желает		
	Приоритет	установить соединение		

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ. ответ	Адрес_отправителя Адрес_получателя Приоритет	Указывает на согласие сетевого логического объекта установить соединение	Локальный логический объект УЛЗ должен сообщить удаленному логическому объекту УЛЗ о согласии установить соединение	После выдачи этого примитива сетевой уровень считает, что соединение установле- но
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ. подтверждение	Адрес_отправителя Адрес_получателя Приоритет	Указывает на успешное завершение установления соединения	Сетевого логический объект может использовать это соединение для передачи данных	
ЗД_ДАННЫЕ.запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные	Запрашивает передачу данных по установленному соединению	УЛЗ должен передать данные, используя процедуры режима 2	Используется приоритет, установленный для этого соединения
ЗД_ДАННЫЕ. индикация	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные	Указывает на прием данных в режиме 2 по установленному соединению	Не определены	
ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ. запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя	Сетевого уровень запрашивает немедленный завершение соединения	УЛЗ должен немедленно завершить соединение	Доставка неподтвержденных

разрыв логического соединения		блокиров данных не гарантируется.	
ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ. индикация		Задача разъединения без потерь данных возлагается на протоколы более высоких уровней	
Адрес_отправителя	Сетевой логический объект уведомляется о разрыве логического соединения	Сетевой логический объект не может использовать это соединение для передачи данных	
Адрес_получателя	Запрашивает перевод соединения в начальное состояние	УЛЗ немедленно инициирует процедуру сброса соединения	Доставка неподтвержденных блоков данных не гарантируется. Задача сброса
Причина	Информирует логический объект сетевого уровня о приведении соединения в начальное состояние	Локальный сетевой логический объект должен выдать:примитив ЗД_СБРОС.ответ, если сброс инициирован удаленным сетевым логическим объектом; примитив ЗД_СБРОС.запрос, если сброс инициирован УЛЗ; примитив ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ.запрос, если сброс не приемлем	без потерь данных возлагается на протоколы более высоких уровней. Параметр "причина" указывает инициатора сброса.

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
ЗД_СБРОС.ответ	Адрес_отправителя Адрес_получателя	Указывает на приемлемость процедуры сброса для локального сетевого логического объекта	Локальный логический объект УЛЗ завершает процедуру сброса	
ЗД_СБРОС.подтверждение	Адрес_отправителя Адрес_получателя	Информирует сетевой логический объект о завершении сброса	Сетевой логический объект может использовать соединение для передачи данных	
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ_УПРАВЛЕНИЕ.запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя Счетчик	Обеспечивает управление потоком данных от УЛЗ к сетевому уровню	УЛЗ согласует количество передаваемых сетевому уровню данных с параметром "счетчик"	Если параметр "счетчик" равен нулю, то поток данных должен быть приостановлен.
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ_УПРАВЛЕНИЕ.индикация	Адрес_отправителя Адрес_получателя Счетчик	Обеспечивает управление потоком данных от сетевого уровня к УЛЗ	Сетевой уровень согласует количество передаваемых подуровню УЛЗ данных с параметром "счетчик"	Параметр "счетчик" может быть установлен в значение бесконечность.

## Сравнение параметров услуг УЛЗ (МОС 8802-2) и услуг УЗД (МОС 8886)

Примитив	Параметры услуг УЛЗ (МОС 8802-2)	Параметры услуг УЗД (МОС 8886)
ЗД_БЛОК_ДАННЫХ.запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные Приоритет	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные Качество_услуги*
ЗД_БЛОК_ДАННЫХ. индикация	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные Приоритет	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные Качество_услуги
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя Приоритет	Адрес_вызываемого Адрес_вызывающего Качество_услуги
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.индикация	Адрес_отправителя Адрес_получателя Приоритет	Адрес_вызываемого Адрес_вызывающего Качество_услуги
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ.ответ	Адрес_отправителя Адрес_получателя Приоритет	Адрес_отвечающего Качество_услуги
ЗД_СОЕДИНЕНИЕ. подтверждение	Адрес_отправителя Адрес_получателя Приоритет	Адрес_отвечающего Качество_услуги
ЗД_ДАННЫЕ.запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные	Данные
ЗД_ДАННЫЕ.индикация	Адрес_отправителя Адрес_получателя Данные	Данные

\* Параметр содержит характеристики УЗД: пропускную способность, задержку, степень защиты данных, приоритет, вероятность ошибки.



Примитив	Параметры услуг УЛЗ (МОС 8802-2)	Параметры услуг УЗД (МОС 8886)
ЗД_СБРОС.запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя	Причина
ЗД_СБРОС.индикация	Адрес_отправителя Адрес_получателя Причина	Инициатор Причина
ЗД_СБРОС.ответ	Адрес_отправителя Адрес_получателя	
ЗД_СБРОС.подтверждение	Адрес_отправителя Адрес_получателя	
ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ.запрос	Адрес_отправителя Адрес_получателя Причина	Причина
ЗД_РАЗЪЕДИНЕНИЕ. индикация	Адрес_отправителя Адрес_получателя	Инициатор Причина

установлением и без установления соединения) и используется один и тот же набор услуг и примитивов (за исключением отсутствия в МОС 8886 услуги управления потоком данных и соответствующих примитивов), различия в параметрах примитивов не позволяют говорить о совместимости услуг УЛЗ ЛВС и УЗД ВОС.

### 2.2.2. Услуги УДС на интерфейсе с УЛЗ

Единственная услуга, требуемая от УДС, – передача сервисного блока данных. В табл. 2.5 перечислены примитивы этой услуги и их параметры. Параметры "адрес\_отправителя" и "адрес\_получателя" содержат необходимую информацию для формирования в кадре УДС полей "адрес\_получателя (АП)" и "адрес\_отправителя (АО)". Параметр "данные" представляет собой сформированный ПБДЗ (см. 2.3). Параметр "приоритет" используется протоколом УДС для определения порядка передачи готовых кадров УДС. Последовательность обмена примитивами при передаче ПБДЗ показана на рис. 2.2, г.

Примитив УДС\_БЛОК\_ДАННЫХ\_СОСТОЯНИЕ.индикация имеет чисто локальные функции и предназначен для информирования УЛЗ о ходе запрошенной им передачи блока данных, поскольку вследствие занятости физической среды УДС не всегда имеет возможность немедленно передать ПБДЗ. Использование этого примитива факультативно.

Услуги, предоставляемые подуровнем УДС подуровню УЛЗ

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме
УДС_БЛОК_ДАННЫХ.запрос	Адрес_отправителя	Запрашивает передачу блока данных от локального логического объекта УЛЗ одному или группе удаленных логических объектов УЛЗ	УДС должен сформировать соответствующий кадр и первой возможности послать его физическому уровню для передачи другой станции ЛВС
	Адрес_получателя		
	Данные		
	Приоритет		
	Класс_обслуживания		
УДС_БЛОК_ДАННЫХ.индикация	Адрес_получателя	Указывает на прием действительного кадра УДС, который предназначен локальному логическому объекту УЛЗ	Зависят от содержимого кадра
	Адрес_отправителя		
	Данные		
	Состояние_приема		
	Приоритет		
	Класс_обслуживания		
УДС_БЛОК_ДАННЫХ_СОСТОЯНИЕ.индикация	Адрес_получателя	Примитив имеет локальную значимость и дает УЛЗ информацию о выполнении предварительно принятого примитива УДС_БЛОК_ДАННЫХ.запрос	Зависят от режима работы УЛЗ. УЛЗ должен располагать информацией, чтобы связать этот примитив с соответствующим ему примитивом УДС_БЛОК_ДАННЫХ.запрос
	Адрес_отправителя		
	Состояние_передачи		
	Предоставленный_приоритет		
	Предоставленный_класс_обслуживания		

Сравнение услуг УДС в различных методах доступа

Примитив	Параметры	Использование параметров			
		8802-2 (УЛЗ)	8802-3 (ШСД)	8802-4 (ШМД)	8802-5 (КМД)
УДС_БЛОК_ДАННЫХ. запрос	Адрес_получателя	+	+	+	+
	Адрес_отправителя	+			+
	Данные	+	+	+	+
	Приоритет	+			+
	Класс_обслуживания*	+	+		+
	Качество**			+	
УДС_БЛОК_ДАННЫХ. индикация	Адрес_получателя	+	+	+	+
	Адрес_отправителя	+	+	+	+
	Данные	+	+	+	+
	Состояние_приема	+			
	Приоритет	+			+
	Класс_обслуживания	+	+		+
	Качество			+	
УДС_БЛОК_ДАННЫХ_ СОСТОЯНИЕ.индикация	Адрес_получателя	+			+
	Адрес_отправителя	+			+
	Состояние_передачи	+			+
	Предоставленный_ приоритет	+			+
	Предоставленный_ класс_обслуживания	+			+
УДС_ПРЕРЫВАНИЕ. индикация	Состояние			+	

\* Значения параметра в настоящее время не определены.

\*\* Параметр в МОС 8802-4 содержит информацию о приоритете и классе услуги.

тивно и зависит от используемого протокола УДС и конкретной реализации протокола УЛЗ.

Несмотря на определение услуг УДС в МОС 8802-2, в настоящее время стандарты МОС по различным протоколам УДС (МОС: 8802-3, 8802-4 и 8802-5) также содержат их описание. Сравнение данных услуг приведено в табл. 2.6. Существующие в этих документах различия в определениях параметров и примитивов создают неоднозначность в толковании услуг УДС. В дальнейшем предполагается устранение таких разночтений путем описания услуг УДС в отдельном стандарте.

## 2.3. ТИПЫ И СТРУКТУРА ПБДЗ

### 2.3.1. Типы ПБДЗ

По своему назначению и характеру передаваемых данных все ПБДЗ подразделяются на три типа: информационные (ПБДЗИ), управляющие (ПБДЗУ) и нумерованные (ПБДЗН), что соответствует кадрам И, УКО, НКО протокола УЗД (МОС 4335, СТ СЭВ 6179-88).

Блоки данных ПБДЗИ предназначены для передачи информации в режиме 2 (с установлением логического соединения) и должны обязательно содержать поле информации. В процессе передачи ПБДЗИ осуществляется их циклическая нумерация.

Блоки данных ПБДЗУ предназначены для передачи управляющих команд и ответов, выполняющих в режиме 2 функции управления потоком ПБДЗИ, в том числе запросы повторной передачи искаженных ПБДЗИ.

Блоки данных ПБДЗН предназначены для передачи нумерованных команд и ответов, выполняющих в режиме 1 передачу информации, идентификацию и тестирование УЛЗ, а в режиме 2 — установление и разъединение логического соединения, а также информирование об ошибках.

### 2.3.2 Формат ПБДЗ

Все типы ПБДЗ должны иметь единый формат (рис. 2.3) с учетом отсутствия поля информации в ПБДЗУ и в некоторых ПБДЗН (табл. 2.7). Очередность передачи полей ПБДЗ должна соответствовать порядку их расположения на рис. 2.3 слева направо. Числовые величины (адреса и порядковые номера, содержащиеся в поле управления) должны передаваться с наименее значащего бита. Биты поля информации должны передаваться подуровню УДС (сетевому уровню) в той же последовательности, в которой они были приняты из сетевого уровня (подуровня УДС).

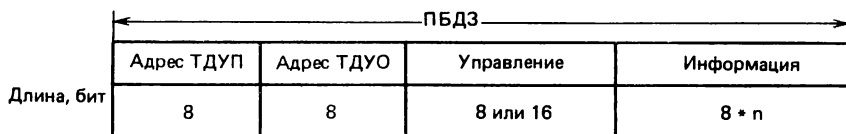


Рис. 2.3. Формат ПБДЗ:

ТДУП — точка доступа к услугам получателя; ТДУО — точка доступа к услугам отправителя;  $n$  — целое число, большее нуля

Недействительным (т.е. ошибочным и не подлежащим дальнейшей обработке) ПБДЗ считается в тех случаях, если:

- он определен как таковой подуровнем УДС;
- его длина не кратна 8 битам;
- его длина меньше трех октетов при 8-битном поле управления и четырех октетов при 16-битном поле управления;
- он не содержит правильно сформированных полей адреса и поля управления.

Кодирование поля управления ПБДЗ

Тип	Наименование команды/ответа	Обозначение русск.	Код англ.	От- вет на	По- ле И ПМ	Биты поля управления															
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПБДЗ	Передача информации	И	I	+	O	0	Нпд								З/П	Нпм					
						1	0	0	0	X	X	X	X	З/П		Нпм					
						1	0	0	1	X	X	X	X	З/П		Нпм					
ПБДЗ	Непрямой Не готов к приему	ГПР НПР НПР	RR REJ RNR	+	H	1	0	0	0	X	X	X	X	З/П	Нпм						
						1	0	0	1	X	X	X	X	З/П	Нпм						
						1	0	1	0	X	X	X	X	З/П	Нпм						
	Установить расширенный режим асинхронного ответа, сбалансированный	УРРАС	SABME	+	H	+	1	1	1	1	3	1	1	0							
						1	1	0	0	3	0	1	0								
						1	1	0	0	П	1	1	0								
	Разъединение Ненумерованное подтверждение	РЗД НП	DISC UA	+	H	+	1	1	0	0	П	1	1	0							
						1	1	1	0	П	0	0	1								
						1	1	0	0	П	0	0	1								
ПБДЗ	Непрямой кадр Фаза разъединения Ненумерованная информация	НПРК ФРЗД НИ	FRMR DM UI	+	O	+	1	1	1	0	П	0	0	1							
						1	1	1	1	П	0	0	0								
						1	1	0	0	3	0	0	0								
	Идентификация Проверка	ИДС TEST	XID TEST	+	O	+	1	1	1	1	З/П	1	1	1							
						1	1	0	0	З/П	1	1	1								
						1	1	0	0	З/П	1	1	1								

Примечание. X — резервные биты, устанавливаются в ноль; O — обязательно; H — недопустимо; Ф — факультативно.

### 2.3.3. Поля адресов

Каждый ПБДЗ содержит два адреса ТДУ: отправителя (ТДУО) и получателя (ТДУП), форматы которых показаны на рис. 2.4.

Адрес ТДУП может быть индивидуальным (бит И/Г=0), групповым (бит И/Г=1), нулевым ("0000 0000") или глобальным ("1111 1111") и идентифицировать соответственно одну ТДУ, группу ТДУ, отсутствие получателя или все доступные ТДУ, которым предназначен ПБДЗ.

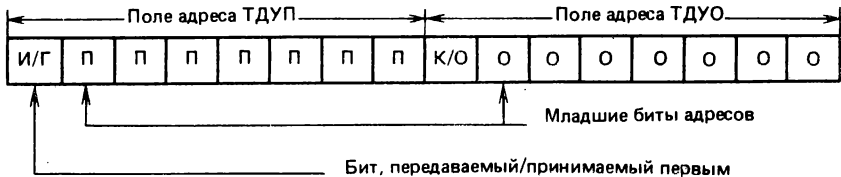


Рис. 2.4. Формат полей адресов ТДУП и ТДУО:

П – бит адреса ТДУП; О – бит адреса ТДУО; И/Г – бит индивидуальный/групповой;  
К/О – бит команда/ответ

Адрес ТДУО идентифицирует ТДУ отправителя ПБДЗ. Он может быть нулевым или индивидуальным. Первый бит поля адреса ТДУО характеризует ПБДЗ (если К/О=0, ПБДЗ содержит команду, если К/О=1, – ответ), остальные 7 бит определяют собственно адрес ТДУО.

Адрес ТДУ "X100 0000" (где X означает 0 или 1) идентифицирует интерфейс УЛЗ с диспетчером станции ЛВС. Адреса "X0XX XXXX" используются на интерфейсе с сетевым уровнем. Адреса "X1XX XXXX" зарезервированы.

### 2.3.4. Поле управления

Форматы полей управления ПБДЗ показаны на рис. 2.5, из которого видно, что поле управления ПБДЗН вдвое короче поля управления ПБДЗИ и ПБДЗУ. Первый бит

Тип ПБДЗ	Разряды поля управления															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПБДЗИ	0	Ннд							З/П	Нпм						
ПБДЗУ	1	0	У	У	Х	Х	Х	Х	З/П	Нпм						
ПБДЗН	1	1	М	М	З/П	М	М	М								

Рис. 2.5. Форматы полей управления ПБДЗ:

Ннд – порядковый номер передаваемого ПБДЗИ; Нпм – порядковый номер принимаемого ПБДЗИ; З/П – бит "запрос передачи/последний кадр"; У – бит, идентифицирующий функцию ПБДЗУ; М – бит, идентифицирующий функцию ПБДЗУ; Х – зарезервированный бит, устанавливается в нуль

ПБДЗИ, первый и второй биты ПБДЗУ и ПБДЗН определяют тип ПБДЗ и, следовательно, формат остальной части поля управления.

Номер Нпд служит для нумерации передаваемых ПБДЗИ, номер Нпм — для подтверждения правильно принятых ПБДЗИ и для запроса повторной передачи искаженных ПБДЗИ. Оба номера циклически изменяются в диапазоне 0...127 (по модулю 128).

Бит 3/П в ПБДЗ, содержащих команды (бит К/О в поле адреса ТДУО установлен в 0), трактуется как бит 3, а в ПБДЗ, содержащих ответы (бит К/О=1) — как бит П.

### 2.3.5. Поле информации

Поле информации должно содержаться в ПБДЗИ и в некоторых ПБДЗН (см. табл. 2.7) и состоять из целого числа октетов данных. Как правило, подуровень УДС накладывает ограничения на максимальную длину поля информации с целью исключения монополизации одной станцией ЛВС общей физической среды.

## 2.4. КОМАНДЫ И ОТВЕТЫ

Свои функции УЛЗ выполняет путем обмена командами и ответами между распределенными по всем станциям ЛВС логическими объектами УЛЗ. Под командой понимается ПБДЗ, в поле управления которого содержится инструкция адресуемому логическому объекту УЛЗ, а бит К/О в поле адреса ТДУО установлен в 0. Под ответом понимается ПБДЗ, в поле управления которого содержится информация о результате выполнения команды, и бит К/О установлен в 1.

Двум типам процедур УЛЗ соответствует свой набор команд и ответов. В табл. 2.7 приведен перечень всех команд и ответов УЛЗ, а также кодирование поля управления соответствующих ПБДЗ.

### 2.4.1. Команды и ответы типа 1

В процедурах типа 1 используются только три нумерованные команды/ответа: НИ, ИДС, ТЕСТ. Каждый логический объект УЛЗ должен быть способен выдавать и принимать эти команды/ответы. Адрес ТДУП в ПБДЗ типа 1 может быть нулевым, индивидуальным, групповым или глобальным, а адрес ТДУО — только индивидуальным.

Команда "нумерованная информация" (НИ) используется для передачи информации вышерасположенных уровней в процедурах типа 1. Команды НИ не нумеруются и ответы на них не выдаются, поэтому в случае ошибки передачи или каких-либо сбоев на станции ЛВС информация теряется. Ответ НИ в УЛЗ не используется и при его приеме должен быть аннулирован.

Команда "идентификация станций" (ИДС) используется для информирования получателя о возможностях отправителя выполнять процедуры типов 1 и 2, информирования получателя о текущих режимах работы УЛЗ, размере окна передачи (параметр процедур типа 2), а также для запроса ответа ИДС. Блок данных ПБДЗ ИДС содержит поле информации длиной 24 бит (рис. 2.6). После получения команды ИДС УЛЗ должен при первой возможности выдать ответ ИДС с тем же значением бита П, что и бита 3 в принятой команде. При этом параметры в поле информации могут быть другими.

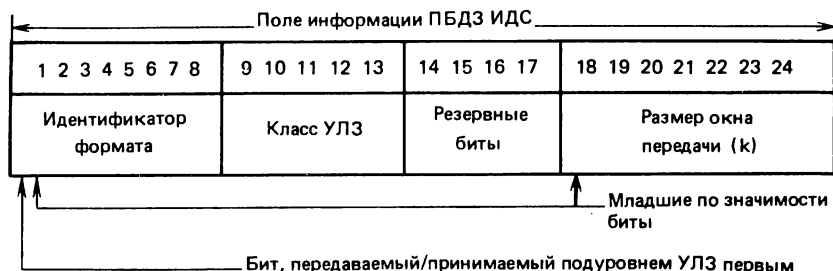


Рис. 2.6. Формат поля информации ПБДЗ ИДС:

биты 1...8 должны быть установлены в значение 1000 0001, означая базовый формат; бит 9 в значении 1 означает поддержку процедур типа 1; бит 10 в значении 1 означает поддержку процедур типа 2; биты 14...17 должны быть установлены в нуль

Другие возможности использования в УЛЗ ЛВС кадра ИДС (определённые, например, стандартами МС 8885 и МС 8471 для HDLC) находятся в стадии изучения.

Команда/ответ "проверка" (ТЕСТ) обеспечивает логический шлейф для проверки работоспособности УЛЗ и нижележащих уровней. Цикл успешной проверки состоит из передачи команды ТЕСТ и приема ответа ТЕСТ. Если при этом команда ТЕСТ содержала поле информации, то ответ ТЕСТ должен возратить его в том же виде. Цикл обмена командой/ответом ТЕСТ инициируется диспетчером станции ЛВС. Ему же сообщаются результаты проверки.

## 2.4.2. Команды и ответы типа 2

В процедурах типа 2 команды и ответы используются для установления и разъединения логического соединения, передачи информации, обеспечения целостности и регулирования потока информационных ПБДЗ. Те логические объекты УЛЗ, которые поддерживают процедуры типа 2, должны выдавать, принимать и обрабатывать все команды/ответы типа 2. Адрес ТДУП, как и адрес ТДУО в ПБДЗ типа 2, должен быть индивидуальным.

Команда/ответ "передача информации" (И) предназначена для передачи информации расположенных выше уровней через установленное соединение. Для исключения случаев дублирования, потери и нарушения порядка следования информации при ошибках передачи все ПБДЗИ последовательно нумеруются при передаче по модулю 128, а на приеме проверяется правильность очередности их следования.

Для каждого соединения циклически отсчитывается (по модулю 128) переменная передачи ПД, которая указывает номер следующего ПБДЗИ, подлежащего передаче. Перед началом передачи ПБДЗИ значение Нпд в нем устанавливается равным значению переменной ПД, после чего значение ПД увеличивается на единицу. Кроме переменной передачи для каждого соединения отсчитывается переменная приема ПМ, которая указывает номер Нпд следующего ПБДЗИ, ожидаемого на приеме. После приема свободного от ошибок ПБДЗИ, номер Нпд которого равен значению ПМ, переменная ПМ увеличивается на единицу (счет также идет по модулю 128). Если в принятом ПБДЗИ Нпд не равен ПМ (что свидетельствует о потере одного или нескольких ПБДЗИ), переменная ПМ не изменяется и начинаются соответствующие процедуры восстановления. При передаче ПБДЗИ или ПБДЗУ номер Нпм устанавливается равным



текущему значению переменной ПМ, подтверждая тем самым правильность приема всех ПБДЗИ с номером до Нпм-1 включительно.

При установлении соединения переменные ПД и ПМ сбрасываются в нуль. Для предотвращения неоднозначностей максимальное число переданных, но еще не подтвержденных ПБДЗИ (размер окна) в любой момент в любом соединении не должно превышать 127. В конкретных реализациях размер окна может быть еще меньше из-за ограничений буферной емкости станции ЛВС, поскольку копии переданных и неподтвержденных ПБДЗИ хранятся на случай их повторной передачи.

Команда/ответ "готов к приему" (ГПР) используется для указания на готовность к приему ПБДЗИ, а также для подтверждения правильного приема ПБДЗИ с номерами до Нпм-1 включительно.

Команда/ответ "не готов к приему" (НГПР) используется для указания на временную неспособность УЛЗ принимать ПБДЗИ, а также для подтверждения правильности приема ПБДЗИ с номерами до Нпм-1 включительно. Об устранении занятости сообщается передачей одного из следующих ПБДЗ: И (с битом  $\Pi=1$ ), ГПР или НПР.

Команда/ответ "не прием" (НПР) используется для запроса повторной передачи потерянных или искаженных ПБДЗИ начиная с номера Нпм, содержащегося в нем. О возникновении особого условия "неприем" говорит прием ПБДЗИ с Нпд, не равным ПМ. Блоки данных ПБДЗИ с номерами до Нпм-1 включительно считаются подтвержденными. После повторной передачи запрошенных ПБДЗИ можно передавать очередные ПБДЗИ. В одном направлении нельзя передавать еще одну команду/ответ НПР, пока не будет устранено первое особое условие НПР. Оно сбрасывается при приеме ПБДЗИ с номером Нпд, равным ПМ.

Команда "установить расширенный режим асинхронного ответа сбалансированный" (УРРАС) используется для установления логического соединения между двумя ТДУ. Получатель должен подтвердить прием команды УРРАС передачей ответа НП, а при невозможности выполнить эту команду — передачей ответа ФРЗД. Команда УРРАС не подтверждает прием никаких ПБДЗИ. Соединение считается установленным и готовым к передаче ПБДЗИ после выдачи (приема) ответа НП на команду УРРАС.

Команда "разъединение" (РЗД) используется для завершения логического соединения между двумя ТДУ, установленного командой УРРАС. Адресуемая станция, получив команду РЗД, должна передать ответ НП и разорвать логическое соединение. Команда РЗД не подтверждает прием ПБДЗИ.

Ответ "ненумерованное подтверждение" (НП) служит для подтверждения приема и выполнения команд УРРАС и РЗД. Передача или прием ответа НП завершает процесс соединения или разъединения.

Ответ "фаза разъединения" (ФРЗД) используется для информирования о том, что локальный компонент УЛЗ находится в режиме логического разъединения и передается при невозможности выполнить команду УРРАС, а также в ответ на другие команды.

Ответ "неприем кадра" (НПРК) может быть передан только при установленном соединении для информирования удаленного компонента УЛЗ о возникновении ошибки, которая не может быть исправлена на УЛЗ. На рис. 2.7 приведен формат поля информации, которое должно содержаться в ПБДЗ НПРК. В этом поле должно содержаться поле управления ПБДЗ, вызвавшего передачу НПРК, а также текущие значения переменных ПД и ПМ. Причина, вызвавшая ответ НПРК, кодируется в поле информации ПБДЗ НПРК следующим образом:

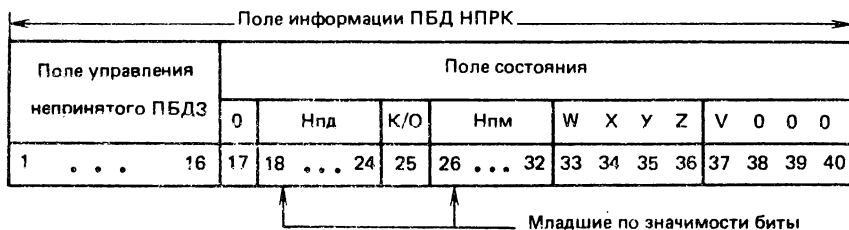


Рис. 2.7. Формат поля информации ПБДЗ-ответа НПКР:

Нпд и Нпм — текущие значения переменных ПД и ПМ соответственно; К/О — бит команда/ответ в ПБДЗ, вызвавшем передачу НПКР; W, X, Y, Z, V, — биты, указывающие причину неприема

W — бит, установленный в 1, указывает, что поле управления принятого ПБДЗ является недействительным или неиспользуемым;

X — бит, установленный в 1, указывает, что принятый ПБДЗ является недействительным, так как содержит недопустимое для него поле информации; должен быть установлен вместе с W;

Y — бит, установленный в 1, указывает, что поле информации принятого ПБДЗ превышает максимальную емкость буфера станции;

Z — бит, установленный в 1, указывает, что поле управления принятого ПБДЗ содержало в себе недействительный номер Нпм;

V — бит, установленный в 1, указывает, что поле управления принятого ПБДЗ содержало в себе недействительный номер Нпм;

Биты W, X, Y, Z, V могут быть установлены в 0, что означает другую, отличную от перечисленных причину неприема.

Компонент УЛЗ, принявший ответ НПКР, должен нести ответственность за исправление ошибки путем передачи команды УРРАС, вызывая сброс соединения, или команды РЗД, завершая соединение, в зависимости от конкретных условий.

## 2.5. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА

Работа логического объекта УЛЗ описывается отдельно для каждого из трех типов компонентов (СТАНЦИЯ, ТДУ, СОЕДИНЕНИЕ), определенных в 2.1. Операции каждого компонента описываются посредством конечных автоматов (КА). При этом используются следующие принципы:

компоненты расположены иерархически (см. рис. 2.1), например, компонент СТАНЦИЯ считается "старшим" по отношению к ТДУ, который, в свою очередь, считается "старшим" по отношению к компоненту СОЕДИНЕНИЕ;

каждый старший компонент имеет состояние, обеспечивающее условия для работы младших компонентов. Если старший компонент выходит из этого состояния, младшие компоненты деактивируются;

для каждого старшего компонента разрешается одновременная работа нескольких младших компонентов, если выполняется предыдущее условие;

для каждого ТДУ УДС существует один и только один логический объект УЛЗ, состоящий из перечисленных выше компонентов;

в операциях УЛЗ типа 1 каждый УЛЗ может иметь от 0 до нескольких одновремен-

но активных ТДУ, не зависящих друг от друга и отличающихся адресами. Услуги каждой ТДУ должны обеспечиваться отдельным компонентом ТДУ;

в операциях УЛЗ типа 2 каждая ТДУ может обеспечивать от 0 до нескольких соединений одновременно. Каждое соединение идентифицируется двумя парами адресов (УДС и УЛЗ) и управляется отдельным компонентом СОЕДИНЕНИЕ.

Описание каждого компонента содержит:

общее описание компонента, где излагаются общие принципы его работы;

диаграмму переходов состояний компонента, которая дает графическое представление о поведении компонента;

таблицу переходов состояний компонента, которая содержит колонки текущего состояния, события, действия(й) и следующего состояния, т.е. описывает КА в табличной форме;

описание состояний компонента, где поясняется каждое его состояние, указанное в таблице переходов состояний;

описание событий компонента, где поясняется каждое событие, указанное в таблице переходов состояний;

описание действий компонента, где поясняется каждое действие, указанное в таблице переходов состояний.

Используются следующие основные правила конечных автоматов:

события должны вызывать переходы в КА (иногда в то же самое состояние) и действия, связанные с изменением состояния;

события, которых нет в списке действительных входов текущего состояния любого компонента, не должны вызывать действия и смену состояний, а также передачу ПБДЗ;

если поступающий ПБДЗ адресован неактивной в данный момент ТДУП (т.е. соответствующий компонент неработоспособен), считается, что имеет место особое условие, и приемная станция должна выполнить те действия, которые она выполняет в этом случае.

Идентификаторы состояний, событий и действий КА, состоящие из нескольких слов, объединяются с помощью знака подчеркивания.

## 2.5.1. Описание компонента СТАНЦИЯ

**Общие сведения.** Переходы компонента СТАНЦИЯ приведены в табл. 2.8, диаграмма переходов состояний — на рис. 2.8. Компонент СТАНЦИЯ обрабатывает все события, которые относятся к УЛЗ в целом, т.е. влияют на все ТДУ и соединения, обслуживаемые данным УЛЗ. Действия компонента начинаются с исходного состояния ВЫКЛЮЧЕНО, возможной проверки дублирования адреса станции и последующего перехода в состояние ВКЛЮЧЕНО. В состоянии ВКЛЮЧЕНО обеспечиваются необходимые условия для работы компонентов ТДУ.

Компонент СТАНЦИЯ должен принимать и ствечать на команды ИДС и ТЕСТ. Передача команды ИДС необязательна и применяется, если в данной реализации УЛЗ производится проверка дублирования адреса. Эти команды должны использовать нулевой адрес ТДУП, который означает принадлежность ПБДЗ компоненту СТАНЦИЯ.

Выполнение проверки дублирования адреса требует от компонента СТАНЦИЯ подготовиться к приему своего собственного ПБДЗ ИДС. В определении работы УДС оговорена возможность одновременного выполнения операций передачи и приема. Кадр УДС с АО=АП, содержащий ПБДЗ ИДС, может быть использован для проверки

## Переходы состояний компонента СТАНЦИЯ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ВЫКЛЮЧЕНО	ВКЛЮЧИТЬ_С_ПРОВЕРКОЙ_ДУБЛИРОВАНИЯ_АДРЕСА*	ПЕРЕДАТЬ_НУЛЬ_ТДУП_ИДС_КМД НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=0 ИДС_ОТВ_СЧ:=0	ПРОВЕРКА_ДУБЛИРОВАНИЯ_АДРЕСА
	ВКЛЮЧИТЬ_БЕЗ_ПРОВЕРКИ_ДУБЛИРОВАНИЯ_АДРЕСА	СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ (СТАНЦИЯ_ВКЛЮЧЕНА)	ВКЛЮЧЕНО
ВКЛЮЧЕНО	ЗАПРОС_ВЫКЛЮЧИТЬ	СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ (СТАНЦИЯ_ВЫКЛЮЧЕНА)	ВЫКЛЮЧЕНО
	ПРИНЯТ_НУЛЬ_ТДУП_ИДС_КМД	ПЕРЕДАТЬ_ИДС_ОТВ	ВКЛЮЧЕНО
	ПРИНЯТ_НУЛЬ_ТДУП_ТЕСТ_КМД	ПЕРЕДАТЬ_ТЕСТ_ОТВ	ВКЛЮЧЕНО
ПРОВЕРКА_ДУБЛИРОВАНИЯ_АДРЕСА (факультативная возможность)*	ПРИНЯТ_НУЛЬ_ТДУП_ИДС_ОТВ_И_ИДС_ОТВ_СЧ=0	ИДС_ОТВ_СЧ:=ИДС_ОТВ_СЧ+1	ПРОВЕРКА_ДУБЛИРОВАНИЯ_АДРЕСА
	ПРИНЯТ_НУЛЬ_ТДУП_ИДС_ОТВ_И_ИДС_ОТВ_СЧ=1	СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ (ОБНАРУЖЕНО_ДУБЛИРОВАНИЕ_АДРЕСА)	ВЫКЛЮЧЕНО
	ПРИНЯТ_НУЛЬ_ТДУП_ИДС_КМД	ПЕРЕДАТЬ_ИДС_ОТВ	ПРОВЕРКА_ДУБЛИРОВАНИЯ_АДРЕСА
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК_И_СЧ_ПОВТОР<МАКС_ПОВТОР	ПЕРЕДАТЬ_НУЛЬ_ТДУП_ИДС_КМД НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1 ИДС_ОТВ_СЧ:=0	ПРОВЕРКА_ДУБЛИРОВАНИЯ_АДРЕСА

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК_И_СЧ_ПОВТОР=МАКС_ПОВТОР	СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ (СТАНЦИЯ_ВКЛЮЧЕНА).	ВКЛЮЧЕНО
	ЗАПРОС_ВЫКЛЮЧИТЬ	СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ (СТАНЦИЯ_ВЫКЛЮЧЕНА)	ВЫКЛЮЧЕНО

\*Если факультативная возможность ПРОВЕРКА\_ДУБЛИРОВАНИЯ\_АДРЕСА не используется, эти части таблицы исключаются.

дублирования адреса, поскольку подуровень УДС опознает свой собственный адрес и передает этот ПБДЗ компоненту СТАНЦИЯ. СТАНЦИЯ выдает на команду ИДС ответ ИДС независимо от того, кем передана такая команда — удаленным УЛЗ или ей самой. Компонент СТАНЦИЯ обеспечивает проверку дублирования адреса с помощью счетчика принятых ПБДЗ-ответов ИДС. Получение более одного ответа ИДС означает, что существует по крайней мере еще один идентичный адрес УДС в ЛВС.

**Описание состояний компонента СТАНЦИЯ.** Компонент СТАНЦИЯ может находиться в одном из трех состояний.

1. **ВЫКЛЮЧЕНО** — компонент СТАНЦИЯ выключен (без питания), не иницирован и/или исключен из работы ЛВС.

2. **ПРОВЕРКА\_ДУБЛИРОВАНИЯ\_АДРЕСА** — компонент СТАНЦИЯ находится в процессе проверки дублирования адресов УДС в данный ЛВС. Основная цель этого состояния — дать возможность компоненту СТАНЦИЯ проверить, является ли адрес УДС этой станции уникальным в данной ЛВС. Компонент СТАНЦИЯ должен послать ПБДЗ-команду ИДС с адресом УДС АР=АО и ждать ответов ИДС, указывающих на другие станции с идентичными адресами УДС.

3. **ВКЛЮЧЕНО** — компонент СТАНЦИЯ включен (есть питание), иницирован и работоспособен в ЛВС. Все ТДУ могут обмениваться ПБДЗ.

**Описание событий компонента СТАНЦИЯ.** С компонентом СТАНЦИЯ связаны следующие события:

1. **ВКЛЮЧИТЬ\_С\_ПРОВЕРКОЙ\_ДУБЛИРОВАНИЯ\_АДРЕСА** — пользователь компонента СТАНЦИЯ включает оборудование станции и требует, чтобы УЛЗ перед началом работы проверил наличие дублирования адреса для ТДУ УДС.

2. **ВКЛЮЧИТЬ\_БЕЗ\_ПРОВЕРКИ\_ДУБЛИРОВАНИЯ\_АДРЕСА** — пользователь компонента СТАНЦИЯ включает оборудование станции, но проверка дублирования адреса не производится.

3. **ДА\_ТАЙМ\_ИСТЕК\_И\_СЧ\_ПОВТОР<МАКС\_ПОВТОР** — истек тайм-аут положительного ответа и счет повторов меньше максимального числа повторов.

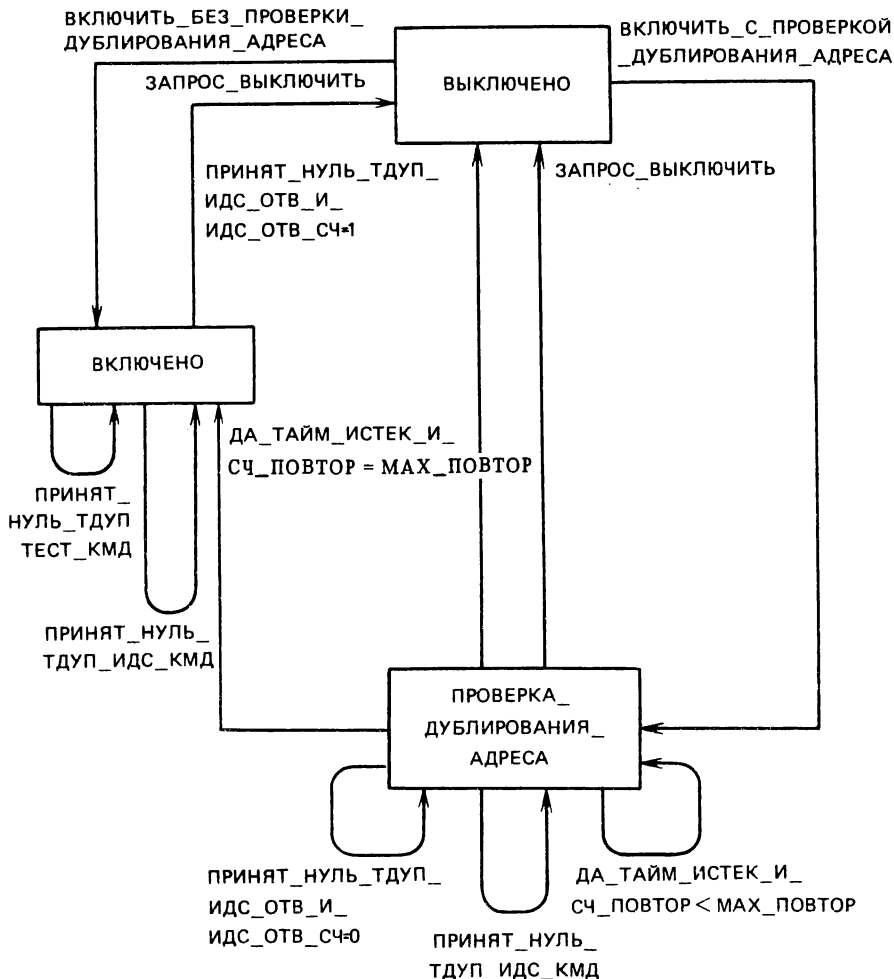


Рис. 2.8. Диаграмма состояний компонента СТАНЦИЯ

4. **ДА\_ТАЙМ\_ИСТЕК\_И\_СЧ\_ПОВТОР = МАКС\_ПОВТОР** – истек тайм-аут положительного ответа и счет повторов равен максимальному числу повторов.

5. **ПРИНЯТА\_НУЛЬ\_ТДУП\_ИДС\_КМД** – принята ПБДЗ-команда ИДС с нулевым адресом ТДУП.

6. **ПРИНЯТ\_НУЛЬ\_ТДУП\_ОТВ\_И\_ИДС\_ОТВ\_СЧ=0** – принят единственный ПБДЗ-ответ ИДС с нулевым адресом ТДУП.

7. **ПРИНЯТ\_НУЛЬ\_ТДУП\_ИДС\_ОТВ\_И\_ИДС\_ОТВ\_СЧ=1** – принят второй ПБД-ответ ИДС с нулевым адресом ТДУП (обнаружено дублирование адреса).

8. **ПРИНЯТА\_НУЛЬ\_ТДУП\_ТЕСТ\_КМД** – принята ПБДЗ-команда ТЕСТ с нулевым адресом ТДУП.

9. ЗАПРОС\_ВЫКЛЮЧИТЬ – пользователь станции потребовал, чтобы оборудование станции было исключено из состава ЛВС.

**Описание действий компонента СТАНЦИЯ.** Компонент СТАНЦИЯ может выполнять следующие действия.

1. НАЧАТЬ\_ДА\_ТАЙМ – начать отсчет тайм-аута положительного ответа, который позволяет определять, принято или нет в течение заданного промежутка времени подтверждение от удаленной станции.

2. СЧ\_ПОВТОР:=0 – сбросить счетчик повторов.

3. СЧ\_ПОВТОР:=СЧ\_ПОВТОР+1 – увеличить значение счетчика повторов на 1.

4. ИДС\_ОТВ\_СЧ:=0 – сбросить счетчик ответов ИДС.

5. ИДС\_ОТВ\_СЧ:=ИДС\_ОТВ\_СЧ+1 – увеличить значение счетчика ПБДЗ-ответов ИДС на 1.

6. ПЕРЕДАТЬ\_НУЛЬ\_ТДУП\_ИДС\_КМД – УЛЗ должен передать команду ИДС с нулевым адресом ТДУП и с адресами УДС АП=АО.

7. ПЕРЕДАТЬ\_ИДС\_ОТВ – УЛЗ должен передать ответ ИДС, используя адрес ТДУО принятой команды ИДС как адрес ТДУП ответа ИДС и используя нулевой адрес ТДУО.

8. ПЕРЕДАТЬ\_ТЕСТ\_ОТВ – УЛЗ должен передать ответ ТЕСТ, используя адрес ТДУО принятой команды ТЕСТ как адрес ТДУП ответа ТЕСТ и используя нулевой адрес ТДУО.

9. СООБЩИТЬ\_СОСТОЯНИЕ – УЛЗ должен сообщить диспетчеру станции об изменении состояния звена данных в следующих случаях:

СТАНЦИЯ\_ВКЛЮЧЕНА (логический объект УЛЗ работоспособен);

СТАНЦИЯ\_ВЫКЛЮЧЕНА (логический объект УЛЗ неработоспособен);

ОБНАРУЖЕНО\_ДУБЛИРОВАНИЕ\_АДРЕСА (логический объект УЛЗ обнаружил другой логический объект УЛЗ в этой ЛВС с адресом ТДУ УДС идентичным собственному адресу).

## 2.5.2. Описание компонента ТДУ

**Общие сведения.** Переходы состояний компонента ТДУ приведены в табл. 2.9, а диаграмма состояний – на рис. 2.9. Компонент ТДУ обрабатывает весь поток ПБДЗ с конкретным адресом ТДУП для УЛЗ класса I. Пользователь локального ТДУ может активизировать и деактивизировать операции на каждом отдельном компоненте ТДУ. Компонент ТДУ, будучи активен, должен обрабатывать ПБД УЛЗ режима 1 и передавать ПБД УЛЗ режима 1 по запросу пользователя ТДУ или как результат выполнения некоторых действий протокола.

Для УЛЗ класса II состояние АКТИВЕН компонента ТДУ является активизирующим условием для компонента СОЕДИНЕНИЕ. Любая попытка локального или удаленного пользователя УЛЗ установить соединение в активном состоянии компонента ТДУ должна передаваться компоненту СОЕДИНЕНИЕ и игнорироваться компонентом ТДУ.

**Описание состояний компонента ТДУ.** Компонент ТДУ может находиться в одном из двух состояний:

1. НЕАКТИВЕН – компонент ТДУ УЛЗ неактивен, не принимает и не передает никаких ПБДЗ.

2. АКТИВЕН – компонент ТДУ УЛЗ активен; принимаются и передаются ПБДЗ.

**Описание событий компонента ТДУ.** С компонентом ТДУ связаны следующие события:

Переходы состояний компонента ТДУ

Текущее состояние	Событие	Действие	Следующее состояние
НЕАКТИВЕН	ТДУ_ЗАПРОС_АКТИВИЗАЦИЯ	СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ (ТДУ_АКТИВЕН)	АКТИВЕН
АКТИВЕН	ПРИНЯТ_НИ	БЛОК_ДАННЫХ_ИНДИКАЦИЯ	
	БЛОК_ДАННЫХ_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_НИ	
	ИДС_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_ИДС_КМД	
	ПРИНЯТА_ИДС_КМД	ПЕРЕДАТЬ_ИДС_ОТВ	
	ПРИНЯТ_ИДС_ОТВ	ИДС_ИНДИКАЦИЯ	
	ТЕСТ_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_ТЕСТ_КМД	
	ПРИНЯТА_ТЕСТ_КМД	ПЕРЕДАТЬ_ТЕСТ_ОТВ	
	ПРИНЯТ_ТЕСТ_ОТВ	ТЕСТ_ИНДИКАЦИЯ	
	ТДУ_ЗАПРОС_ДЕАКТИВИЗАЦИЯ	СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ (ТДУ_НЕАКТИВЕН)	НЕАКТИВЕН

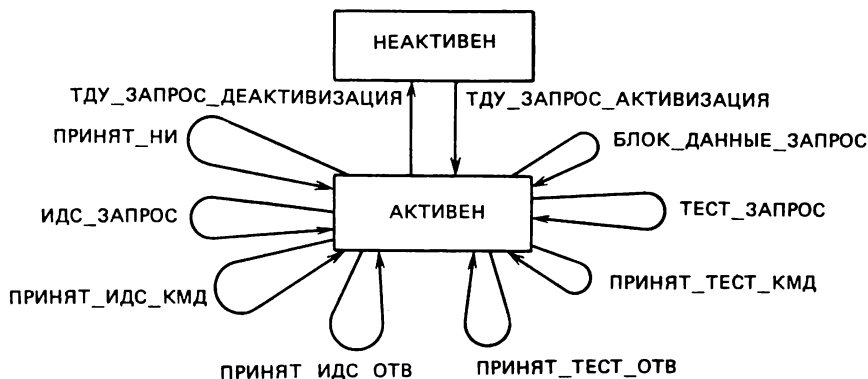


Рис. 2.9. Диаграмма состояний компонента ТДУ



1. ТДУ\_ЗАПРОС\_АКТИВИЗАЦИЯ – пользователь ТДУ запросил активизировать данный компонент ТДУ и начал операции УЛЗ типа 1.
2. ТДУ\_ЗАПРОС\_ДЕАКТИВИЗАЦИЯ – пользователь ТДУ запросил деактивизировать данный компонент ТДУ.
3. ИДС\_ЗАПРОС – пользователь ТДУ запросил компонент ТДУ передать команду ИДС одной или нескольким удаленным ТДУ.
4. ТЕСТ\_ЗАПРОС – пользователь ТДУ запросил компонент ТДУ передать команду ТЕСТ одной или нескольким удаленным ТДУ.
5. ПРИНЯТ\_НИ – локальный компонент ТДУ принял ПБДЗ НИ от удаленной ТДУ.
6. БЛОК\_ДАННЫХ\_ЗАПРОС – пользователь ТДУ запросил передать блок данных удаленной ТДУ посредством ПБДЗ НИ.
7. ПРИНЯТА\_ИДС\_КМД – локальный компонент ТДУ принял команду ИДС от удаленной ТДУ.
8. ПРИНЯТ\_ИДС\_ОТВ – локальный компонент ТДУ принял ответ ИДС от удаленной ТДУ.
9. ПРИНЯТА\_ТЕСТ\_КМД – локальный компонент ТДУ принял команду ТЕСТ от удаленной ТДУ.
10. ПРИНЯТ\_ТЕСТ\_ОТВ – локальный компонент ТДУ принял ответ ТЕСТ от удаленной ТДУ.

**Описание действий компонента ТДУ.** Компонент ТДУ может выполнять следующие действия.

1. БЛОК\_ДАННЫХ\_ИНДИКАЦИЯ – компонент ТДУ принял ПБД НИ от удаленной ТДУ. Формируется СБД и передается пользователю ТДУ.
2. ПЕРЕДАТЬ\_НИ – ПБД НИ передается одной или нескольким удаленным ТДУ по запросу пользователя локальной ТДУ.
3. ПЕРЕДАТЬ\_ИДС\_КМД – компонент ТДУ должен передать команду ИДС удаленной ТДУ по запросу пользователя локальной ТДУ.
4. ПЕРЕДАТЬ\_ИДС\_ОТВ – компонент ТДУ должен передать ответ ИДС удаленной ТДУ в ответ на принятую команду ИДС.
5. ПЕРЕДАТЬ\_ТЕСТ\_КМД – компонент ТДУ должен передать команду ТЕСТ по запросу пользователя ТДУ.
6. ПЕРЕДАТЬ\_ТЕСТ\_ОТВ – компонент ТДУ должен передать ответ ТЕСТ при получении от удаленной ТДУ команды ТЕСТ.
7. СООБЩИТЬ\_СОСТОЯНИЕ – компонент ТДУ должен сообщать об изменениях своего состояния в следующих случаях:  
ТДУ\_АКТИВЕН (компонент ТДУ успешно обработал запрос на активизацию и сообщает, что теперь он работоспособен);  
ТДУ\_НЕАКТИВЕН (компонент ТДУ успешно обработал запрос на деактивизацию и теперь он неактивен).
8. ИДС\_ИНДИКАЦИЯ – компонент ТДУ принял ответ ИДС от удаленной ТДУ. Об этом событии сообщается пользователю ТДУ. При этом поле информации ИДС может быть передано пользователю ТДУ.
9. ТЕСТ\_ИНДИКАЦИЯ – компонент ТДУ принял ответ ТЕСТ от удаленной ТДУ. Об этом событии оповещается пользователь ТДУ и ему может быть возвращено поле информации ПБДЗ-ответа ТЕСТ.

### 2.5.3. Описание компонента СОЕДИНЕНИЕ

**Общие сведения.** Переходы состояний компонента СОЕДИНЕНИЕ приведены в табл. 2.10, а диаграмма переходов — на рис. 2.10. Компонент СОЕДИНЕНИЕ обрабатывает весь поток ПБД типа 2 для данного соединения, характеризующегося парами адресов: АП, АО и ТДУП, ТДУО. Будучи активизирован, компонент СОЕДИНЕНИЕ должен обрабатывать все ПБД типа 2, предназначенные для локальной ТДУ, а также передавать ПБД типа 2 на удаленную ТДУ по запросу пользователя или в результате выполнения протокола.

Таблица 2.10

**Переходы состояний компонента СОЕДИНЕНИЕ**

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
РАР	СОЕД_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_УРРАС_КМД(З-Х) З_ФЛАГ:=З НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=0 У_ФЛАГ:=0	УСТАНОВ
		РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З-Х)	СОЕД_ИНДИКАЦИЯ П_ФЛАГ:=З	СОЕДИ- НЕНИЕ
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З-Х)	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П-З)	РАР
	ПРИНЯТ_XXX_КМД(З-1)	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П-1)	РАР
	ПРИНЯТ_XXX_ОТВ(П-Х) или ПРИНЯТ_XXX_КМД(З-0)		РАР
СОЕДИ- НЕНИЕ	СОЕД_ОТВЕТ	ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П-П_ФЛАГ) ПД:=0 ПМ:=0 СЧ_ПОВТОР:=0 З_ФЛАГ:=0 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА
	РАЗЪЕД_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П-П_ФЛАГ)	РАР
	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З-Х)	П_ФЛАГ:=З	СОЕДИ- НЕНИЕ
	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(З-Х)	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
	ПРИНЯТ_XXX_УУУ		СОЕДИ- НЕНИЕ
СБРОС_ ИДАТЬ	СБРОС_ЗАПРОС и У_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_УРРАС_КМД(З-Х) З_ФЛАГ:=З НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=0	СБРОС

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
СБРОС_ИДАТЬ	СБРОС_ЗАПРОС и У_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П=П_ФЛАГ) ПД:=0 ПМ:=0 СЧ_ПОВТОР:=0 З_ФЛАГ:=0 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 СБРОС_ПОДТВЕРЖДЕНИЕ	НОРМА
	РАЗЪЕД_ЗАПРОС и У_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_РЗД_КМД(З=Х) З_ФЛАГ:=З НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=0	РАЗЪЕ- ДИНЕНИЕ
	РАЗЪЕД_ЗАПРОС и У_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П=П_ФЛАГ)	РАР
	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(П=Х)	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З=Х)	У_ФЛАГ:=1 П_ФЛАГ:=П	СБРОС_ИДАТЬ
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З=Х)	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П=Х) РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
	ПРИНЯТ_ХХХ_УУУ		СБРОС_ИДАТЬ
СБРОС_ОШИБКИ	СБРОС_ОТВЕТ	ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П=П_ФЛАГ) ПД:=0 ПМ:=0 СЧ_ПОВТОР:=0 З_ФЛАГ:=0 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА
	РАЗЪЕД_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П=П_ФЛАГ)	РАР
	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(П=Х)	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З=Х)	П_ФЛАГ:=З	СБРОС_ОШИБКИ
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З=Х)	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П=З) РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
	ПРИНЯТ_ХХХ_УУУ		СБРОС_ОШИБКИ
УСТАНОВ	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З=Х)	ПД:=0 ПМ:=0 СЧ_ПОВТОР:=0 ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П=З) У_ФЛАГ:=1	УСТАНОВ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
УСТАНОВ	ПРИНЯТ_НП_ОТВ(П-Х) и З_ФЛАГ=П	ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ ПД:-0 ПМ:-0 СЧ_ПОВТОР:-0 ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ СОЕД_ПОДТВЕРЖДЕНИЕ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:-0	НОРМА
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и У_ФЛАГ=1	З_ФЛАГ:-0 СОЕД_ПОДТВЕРЖДЕНИЕ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:-0	НОРМА
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З-Х)	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П-З) РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(З-Х)	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_ХХХ_УУУ		УСТАНОВ
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР < N/2 и У_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_УРРАС_КМД(З-Х) З_ФЛАГ:-З НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:-СЧ_ПОВТОР+1	УСТАНОВ
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР > N/2 и У_ФЛАГ=0	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
СБРОС	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З-Х)	ПД:-0 ПМ:-0 СЧ_ПОВТОР:-0 У_ФЛАГ:-1 ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П-З)	СБРОС
	ПРИНЯТ_НП_ОТВ(П-Х) и З_ФЛАГ=П	ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ ПД:-0 ПМ:-0 СЧ_ПОВТОР:-0 ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ СБРОС_ПОДТВЕРЖДЕНИЕ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:-0	НОРМА
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и У_ФЛАГ=1	З_ФЛАГ:-0 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:-0 СБРОС_ПОДТВЕРЖДЕНИЕ	НОРМА
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З-Х)	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П-З) РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
СБРОС	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(П=Х)	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_XXX_УУУ		СБРОС
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР < N2 и У_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_УРРАС_КМД(З=Х) З_ФЛАГ:=З НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	СБРОС
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР > N2 и У_ФЛАГ=0	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ	РАР
РАЗЪЕ- ДИНЕНИЕ	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З=Х)	ПЕРЕДАТЬ_ФРЗД_ОТВ(П=З) ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_НП_ОТВ(П=Х) и З_ФЛАГ=П	ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З=Х)	ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П=З)	РАЗЪЕ- ДИНЕНИЕ
	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(П=Х)	ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_XXX_УУУ		РАЗЪЕ- ДИНЕНИЕ
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР < N2	ПЕРЕДАТЬ_РЗД_КМД(З=Х) З_ФЛАГ:=З НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР=СЧ_ПОВТОР+1	РАЗЪЕ- ДИНЕНИЕ
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР > N2		РАР
ОШИБКА	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З=Х)	СБРОС_ИНДИКАЦИЯ(УДАЛ.) ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	СБРОС ОШИБКИ
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З=Х)	ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П=З) РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(П=Х)	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_НПРК_ОТВ(П=Х)	СБРОС_ИНДИКАЦИЯ(МЕСТН.) СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ(НПРК_ПРИНЯТ) ОСТАНОВИТЬ_ДА_ТАЙМ У_ФЛАГ:=0	СБРОС ЖДАТЬ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
	ПРИНЯТ_XXX_КМД(З-Х)	ПЕРЕДАТЬ_НПРК_ОТВ(П-З) НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ	ОШИБКА
	ПРИНЯТ_XXX_ОТВ(П-Х)		ОШИБКА
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР < N2	ПЕРЕДАТЬ_НПРК_ОТВ(П-О) НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР := СЧ_ПОВТОР + 1	ОШИБКА
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР > N2	СБРОС_ИНДИКАЦИЯ(МЕСТНАЯ) У_ФЛАГ := 0	СБРОС_ИДТИ
НОРМА или ЗАНЯТО или НЕПРИЕМ или ИДТИ	РАЗЪЕД_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_РЗД_КМД(З-Х) З_ФЛАГ := 3 НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ ОСТАНОВИТЬ_ОСТАЛЬНЫЕ_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР := 0	РАЗЪЕДИНЕНИЕ
или ИДТИ или ЗАНЯТО или ИДТИ или НЕПРИЕМ	СБРОС_ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ_УРРАС_КМД(З-Х) З_ФЛАГ := 3 НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ ОСТАНОВИТЬ_ОСТАЛЬНЫЕ_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР := 0 У_ФЛАГ := 0	СБРОС
	ПРИНЯТ_УРРАС_КМД(З-Х)	СБРОС_ИНДИКАЦИЯ(УДАЛЕНАЯ) П_ФЛАГ := 3 ОСТАНОВИТЬ_ВСЕ_ТАЙМ	СБРОС_ОШИБКИ
	ПРИНЯТ_РЗД_КМД(З-Х)	ПЕРЕДАТЬ_НП_ОТВ(П-З) РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ВСЕ_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_НПРК_ОТВ(П-Х)	ОСТАНОВИТЬ_ВСЕ_ТАЙМ СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ(НПРК_ПРИНЯТ) СБРОС_ИНДИКАЦИЯ(МЕСТН.) У_ФЛАГ := 0	СБРОС_ИДТИ
	ПРИНЯТ_ФРЗД_ОТВ(П-Х)	РАЗЪЕД_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_ВСЕ_ТАЙМ	РАР
	ПРИНЯТ_XXX_КМД(З-Х)_С_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ_Нпм или ПРИНЯТ_И_КМД(З-Х)_С_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ_Нпд	ПЕРЕДАТЬ_НПРК_ОТВ(П-З) СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ(НПРК_ПЕРЕДАН) ОСТАНОВИТЬ_ВСЕ_ТАЙМ НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР := 0	ОШИБКА
	ПРИНЯТ_XXX_ОТВ(П-Х)_С_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ_Нпм	ПЕРЕДАТЬ_НПРК_ОТВ(П-О) СООБЩИТЬ_СОСТОЯНИЕ(НПРК_ПЕРЕДАН)	ОШИБКА

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
<b>НОРМА</b>			
или ЗАНЯТО	или	ПЕРЕДАН)	
или	ПРИНЯТ И ОТВ(П-Х)_С_	ОСТАНОВИТЬ ВСЕ ТАЙМ	
НЕПРИЕМ	НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ_НПд	НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ	
или	или	СЧ_ПОВТОР:=0	
ИДАТЬ	ПРИНЯТ_НП_ОТВ(П-Х)		
или	или		
ИДАТЬ-	ПРИНЯТ_ХХХ_ОТВ(П-1)		
ЗАНЯТО	и З_ФЛАГ=0		
или	или		
ИДАТЬ-	ПРИНЯТ_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ_		
НЕПРИЕМ	ПБДЗ		
-----			
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК		СБРОС_
	и СЧ_ПОВТОР > N2	ОСТАНОВИТЬ ВСЕ ТАЙМ	ИДАТЬ
	или	СБРОС_ИНДИКАЦИЯ(МЕСТН.)	
	З_ТАЙМ_ИСТЕК	У_ФЛАГ:=0	
	и СЧ_ПОВТОР > N2		
	или		
	НПР_ТАЙМ_ИСТЕК		
	и СЧ_ПОВТОР > N2		
	или		
	ЗАНЯТО_ТАЙМ_ИСТЕК		
	и СЧ_ПОВТОР > N2		
-----			
НОРМА	ДАННЫЕ ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ И КМД(З-1)	НОРМА
	и УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО=0	НАЧАТЬ_З_ТАЙМ	
	и З_ФЛАГ=0	НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ	
		.....	
		ПЕРЕДАТЬ И ХХХ(Х=0)	НОРМА
		НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ	
-----			
	ДАННЫЕ ЗАПРОС	ПЕРЕДАТЬ И ХХХ(Х=0)	НОРМА
	и УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО=0	НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ	
	и З_ФЛАГ=1		
-----			
	МЕСТНАЯ ЗАНЯТО_	ПЕРЕДАТЬ НГПР_КМД(З-1)	ЗАНЯТО
	ОБНАРУЖЕНО	НАЧАТЬ_З_ТАЙМ	
	и З_ФЛАГ=0	ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	
		.....	
		ПЕРЕДАТЬ НГПР_ХХХ(Х=0)	ЗАНЯТО
		ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	
-----			
	МЕСТНАЯ ЗАНЯТО_	ПЕРЕДАТЬ НГПР_ХХХ(Х=0)	ЗАНЯТО
	ОБНАРУЖЕНО	ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	
	и З_ФЛАГ=1		
-----			
	ПРИНЯТ И КМД(З=0)_С_	ПЕРЕДАТЬ НГПР_ХХХ(Х=0)	НЕПРИЕМ
	НПд ≠ ПМ	ОБНОВИТЬ_НПм	
	и З_ФЛАГ=0	ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ	

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
НОРМА	или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=0 или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=1)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=1	НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПЕРЕДАТЬ_НПР_КМД(З=1) ОБНОВИТЬ_Нпм НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_НПР_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)_С_ Нпд ≠ ПМ	ПЕРЕДАТЬ_НПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=Х) и З_ФЛАГ=П или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=0	ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ДА_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ПЕРЕДАТЬ_ДА_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА       НОРМА
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0) и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=1	ПМ=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ДА_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм	НОРМА
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)	ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ПОДТВЕРЖД_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм	НОРМА
	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=1) и З_ФЛАГ=1	ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА



Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
НОРМА	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_ДА_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=1) и З_ФЛАГ=1	ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	НОРМА
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	НОРМА
	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=0 или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=Х) и З_ФЛАГ=П	ПД:-Нпм ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПД:-Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_КМД(З=1) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА      НОРМА
	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=0) и З_ФЛАГ=1	ПД:-Ппм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА
	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=1)	ПД:-Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ОТВ(П=1) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НОРМА
	НАЧАТ_З/П_ЦИКЛ и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ	НОРМА
	З_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР<N2	З_ФЛАГ:=0 ..... ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР=СЧ_ПОВТОР+1	НОРМА  ИДАТЬ
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ=0 и СЧ_ПОВТОР<N2 или ЗАНЯТО_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ=0 и СЧ_ПОВТОР<N2	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	ИДАТЬ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЗАНЯТО	ДАННЫЕ_ЗАПРОС и УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО=0 и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_И_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ ..... ПЕРЕДАТЬ_И_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ	ЗАНЯТО    ЗАНЯТО
		-----	-----
ЗАНЯТО	ДАННЫЕ_ЗАПРОС и УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО=0 и З_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_И_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ	ЗАНЯТО
		-----	-----
НЕПРИЕМ	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_ УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=1 и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_НПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ..... ПЕРЕДАТЬ_НПР_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ	НЕПРИЕМ    НЕПРИЕМ
		-----	-----
НЕПРИЕМ	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_ УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=1 и З_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_НПР_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ	НЕПРИЕМ
		-----	-----
НОРМА	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_ УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=0 и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ..... ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ХХХ(Х=0)	НОРМА   НОРМА
		-----	-----
НОРМА	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_ УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=0 и З_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ХХХ(Х=0)	НОРМА
		-----	-----
НЕПРИЕМ	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_ УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ..... ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ХХХ(Х=0)	НЕПРИЕМ   НЕПРИЕМ
		-----	-----
НЕПРИЕМ	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_ УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 и З_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ХХХ(Х=0)	НЕПРИЕМ
		-----	-----
ЗАНЯТО	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=Х)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=П или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=0	МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ХХХ(Х=0) ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=0_ТОГДА_ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 .....	ЗАНЯТО       ЗАНЯТО

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЗАНЯТО		ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З-1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=0_ТОГДА_ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ЗАНЯТО
-----			
ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=1		МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ХХХ(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=0_ТОГДА_ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1	ЗАНЯТО
-----			
ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)_С_ Нпд ≠ ПМ		ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=0_ТОГДА_ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1	ЗАНЯТО
-----			
ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)		ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ..... ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	ЗАНЯТО     ЗАНЯТО
-----			
ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=Х) и З_ФЛАГ=П или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=0		МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ХХХ(Х=0) ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ	ЗАНЯТО             ЗАНЯТО

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЗАНЯТО		ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0 ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(X=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0 ЕСЛИ_П=1_УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ЗАНЯТО
ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0) и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=1		МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(X=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=-1 ..... ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(X=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_ДАННЫЕ_ФЛАГ=2 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	ЗАНЯТО
ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=1) и З_ФЛАГ=1		ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ЗАНЯТО
ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=1)		ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ЗАНЯТО
ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=1) и З_ФЛАГ=1		ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	ЗАНЯТО
ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=1)		ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	ЗАНЯТО

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЗАНЯТО	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=0 или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=Х) и З_ФЛАГ=П	ПД:=Нпм ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПД:=Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ЗАНЯТО       ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=0) и З_ФЛАГ=1	ПД:=Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=1)	ПД:=Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ЗАНЯТО
	НАЧАТ_З/П_ЦИКЛ и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ	ЗАНЯТО
	З_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР < N2	З_ФЛАГ:=0 ..... ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	ЗАНЯТО  ИДАТЬ_ ЗАНЯТО
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ=0 и СЧ_ПОВТОР < N2 или ЗАНЯТО_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ=0 и СЧ_ПОВТОР < N2	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	ИДАТЬ_ ЗАНЯТО
	НПР_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ=0 и СЧ_ПОВТОР < N2	ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ..... ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1 ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1	ЗАНЯТО  ИДАТЬ_ ЗАНЯТО
	НПР_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ=1 и СЧ_ПОВТОР < N2	ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1	ЗАНЯТО

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
НЕПРИЕМ	ДАННЫЕ_ЗАПРОС и УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО=0 и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_И_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ ..... ПЕРЕДАТЬ_И_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ	НЕПРИЕМ     НЕПРИЕМ
	ДАННЫЕ_ЗАПРОС и УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО=0 и З_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_И_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_ДА_ТАЙМ_ЕСЛИ_НЕ_НАЧАТ	НЕПРИЕМ
	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТО_ОБНАРУЖЕНО и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=2 ..... ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ХХХ(Х=0) ДАННЫЕ_ФЛАГ:=2	ЗАНЯТО     ЗАНЯТО
	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТО_ОБНАРУЖЕНО и З_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ХХХ(Х=0) ДАННЫЕ_ФЛАГ:=2	ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)_С_ Нпд ≠ ПМ или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0)_С_ Нпд ≠ ПМ или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=1)_С_ Нпд ≠ ПМ и З_ФЛАГ=1	ОБНОВИТЬ_Нпм ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ЕСЛИ_П=1 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)_С_ Нпд ≠ ПМ	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=Х) и З_ФЛАГ=П или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=0	ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ДА_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_П=1 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ..... ПМ:=ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ПЕРЕДАТЬ_ДА_ХХХ(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ЕСЛИ_П=1 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ	НОРМА          НОРМА

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
НЕПРИЕМ	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0) и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=1	ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ДА_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ	НОРМА
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)	ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ДА_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ	НОРМА
	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=1) и З_ФЛАГ=1	ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_ДА_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=1) и З_ФЛАГ=1	ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=0 или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=Х) и З_ФЛАГ=П	ПД := Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ОБНОВИТЬ_З_ФЛАГ ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПД := Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ       НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) и З_ФЛАГ=1 или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ_(П=0) и З_ФЛАГ=1	ПД := Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
НЕПРИЕМ	ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=1)	ПД: =Нпм ОБНОВИТЬ_Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ОТВ(П=1) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ
	НАЧАТ_З/П_ЦИКЛ и З_ФЛАГ:=0	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ	НЕПРИЕМ
	НПР_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР<N2 и З_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_НПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1 .....	НЕПРИЕМ    НОРМА
	З_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР<N2	З_ФЛАГ:=0 ..... ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	НЕПРИЕМ   ИДАТЬ НЕПРИЕМ
	ДА_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ:=0 и СЧ_ПОВТОР < N2 или ЗАНЯТО_ТАЙМ_ИСТЕК и З_ФЛАГ=0 и СЧ_ПОВТОР < N2	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	ИДАТЬ НЕПРИЕМ
ИДАТЬ	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТО_ ОБНАРУЖЕНО	ПЕРЕДАТЬ_НПР_ХХХ(Х=0) ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	ИДАТЬ_ ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_И_ОТВЕТ(П=1)_С_ Нпд ≠ ПМ	ПЕРЕДАТЬ_НПР_ХХХ(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ПД:=Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ..... ПЕРЕДАТЬ_НПР_КМД(З=1) ОБНОВИТЬ_Нпм ПД:=Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	НЕПРИЕМ       НЕПРИЕМ



Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЖДАТЬ	ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)_С_ Нпд ≠ ПМ или ПРИНЯТ_И_ОТВЕТ(П=0)_С_ Нпд ≠ ПМ	ПЕРЕДАТЬ_НПР_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ	ЖДАТЬ_НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)_С_ Нпд ≠ ПМ	ПЕРЕДАТЬ_НПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ	ЖДАТЬ_НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=1)	ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОБНОВИТЬ_Нпм ПД := Ппм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_КМД(З=1) ИЛИ ПЕРЕДАТЬ_ГПР НАЧАТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0 ..... ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ПД := Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(Х=0) ИЛИ ПЕРЕДАТЬ_ГПР УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0	НОРМА          НОРМА
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)	ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ГПР_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм	ЖДАТЬ
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)	ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм	ЖДАТЬ
	ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=1) или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=1)	ОБНОВИТЬ_Нпм ПД := Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0	НОРМА
	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=0)	ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0	ЖДАТЬ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ИДАТЬ	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=1) или ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ИДАТЬ
	ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=1)	ОБНОВИТЬ_Нпм ПД:=Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	НОРМА
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=0)	ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	ИДАТЬ
	ПРИНЯТ_НГРО_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0	ИДАТЬ
	З_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР<N2	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	ИДАТЬ
ИДАТЬ_ЗАНЯТО	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=1	ПЕРЕДАТЬ_НПР_XXX(X=0) НАЧАТЬ_НПР_ТАЙМ	ИДАТЬ_ЗАНЯТО
	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=0	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_XXX(X=0)	ИДАТЬ
	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_УСТРАНЕНА и ДАННЫЕ_ФЛАГ=2	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_XXX(X=0)	ИДАТЬ_НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=1)_С_Нпд ≠ ПМ	МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(X=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ПД:=Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(X=0)	ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)_С_Нпд ≠ ПМ или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0)_С_Нпд ≠ ПМ	МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(X=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1	ИДАТЬ_ЗАНЯТО
		ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) ОБНОВИТЬ_Нпм ПД:=Нпм НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(X=0)	ЗАНЯТО

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЖДАТЬ_ЗАНЯТО	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)_С_Нпд ≠ ПМ	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=1)	МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ПД: =Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(Х=0) .....	ЗАНЯТО
		ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) ПМ: =ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ПД: =Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(Х=0) .....	ЗАНЯТО
		МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(Х=0) ПМ: =ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ПД: =Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0 УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=0 ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(Х=0)	ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)	МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(Х=0) ОБНОВИТЬ_Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ..... МОЖНО_ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(Х=0) ПМ: =ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОБНОВИТЬ_Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=1 ..... ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ПМ: =ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОБНОВИТЬ_Нпм ДАННЫЕ_ФЛАГ:=0	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО ЗАНЯТО

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЖДАТЬ_ЗАНЯТО	ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=1) или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=1)	ОБНОВИТЬ_Нпм ПД: =Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_XXX(X=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО: =0	ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=0)	ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО: =0	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=1) или ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО: =0	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=1)	ОБНОВИТЬ_Нпм ПД: =Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО: =1	ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=0)	ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО: =1	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО: =1	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО
	З_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОРОВ < N2	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР: =СЧ_ПОВТОР+1	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО
ЖДАТЬ_НЕПРИЕМ	МЕСТНАЯ_ЗАНЯТОСТЬ_ОБНАРУЖЕНА	ПЕРЕДАТЬ_НГПР_XXX(X=0) ДАННЫЕ_ФЛАГ: =2	ЖДАТЬ_ЗАНЯТО
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)_С_Нпд ≠ ПМ или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0)_С_Нпд ≠ ПМ	ОБНОВИТЬ_Нпм	ЖДАТЬ_НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)_С_Нпд ≠ ПМ	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм	ЖДАТЬ_НЕПРИЕМ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ИДТЬ_НЕПРИЕМ	ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=1)	ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОБНОВИТЬ_Нпм ПД := Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_КМД(З=1) ИЛИ ПЕРЕДАТЬ_ГПР НАЧАТЬ_З_ТАЙМ ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0 .....	НОРМА
		ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм ПД := Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) ИЛИ ПЕРЕДАТЬ_ГПР УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0	НОРМА
ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_И_КМД(З=0)		ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ХХХ(Х=0) ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм	ИДТЬ
ПРИНЯТ_И_КМД(З=1)		ПМ := ПМ+1 ДАННЫЕ_ИНДИКАЦИЯ ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОСТАНОВИТЬ_НПР_ТАЙМ ОБНОВИТЬ_Нпм	ИДТЬ
ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=1) или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=1) или ПРИНЯТ_И_ОТВ(П=1)_С_Нпд ≠ ПМ		ОБНОВИТЬ_Нпм ПД := Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_ХХХ(Х=0) УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0 ..... ОБНОВИТЬ_Нпм ПД := Нпм ПЕРЕДАТЬ_ПОВТОРНО_И_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0	НЕПРИЕМ       НЕПРИЕМ
ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_ГПР_ОТВ(П=0) или ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НПР_ОТВ(П=0)		ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0	ИДТЬ НЕПРИЕМ
ПРИНЯТ_ГПР_КМД(З=1) или ПРИНЯТ_НПР_КМД(З=1)		ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО := 0	ИДТЬ НЕПРИЕМ

Текущее состояние	Событие	Действия	Следующее состояние
ЖДАТЬ НЕПРИЕМ	ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=1)	ОБНОВИТЬ_Нпм ПД:=Нпм ОСТАНОВИТЬ_З_ТАЙМ УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=0) или ПРИНЯТ_НГПР_ОТВ(П=0)	ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	ЖДАТЬ НЕПРИЕМ
	ПРИНЯТ_НГПР_КМД(З=1)	ПЕРЕДАТЬ_ГПР_ОТВ(П=1) ОБНОВИТЬ_Нпм УДАЛЕННАЯ_ЗАНЯТО:=1	ЖДАТЬ НЕПРИЕМ
	З_ТАЙМ_ИСТЕК и СЧ_ПОВТОР<N2	ПЕРЕДАТЬ_НПР_КМД(З=1) НАЧАТЬ_З_ТАЙМ СЧ_ПОВТОР:=СЧ_ПОВТОР+1	ЖДАТЬ НЕПРИЕМ

Когда компонент ТДУ переходит в состояние АКТИВЕН, все компоненты СОЕДИНЕНИЕ, связанные с этой ТДУ, переходят в состояние РАР (режим асинхронного разъединения). Когда компонент ТДУ выходит из состояния АКТИВЕН, все компоненты СОЕДИНЕНИЕ, связанные с этой ТДУ, деактивизируются, в каком бы состоянии они ни находились в этот момент.

В табл. 2.10 для уменьшения числа состояний используются переменные типа "флаг", которые указывают на наличие специальных условий, влияющих на работу компонента СОЕДИНЕНИЕ. Определены следующие флаги: З\_ФЛАГ, П\_ФЛАГ, У\_ФЛАГ, ДАННЫЕ\_ФЛАГ, УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО.

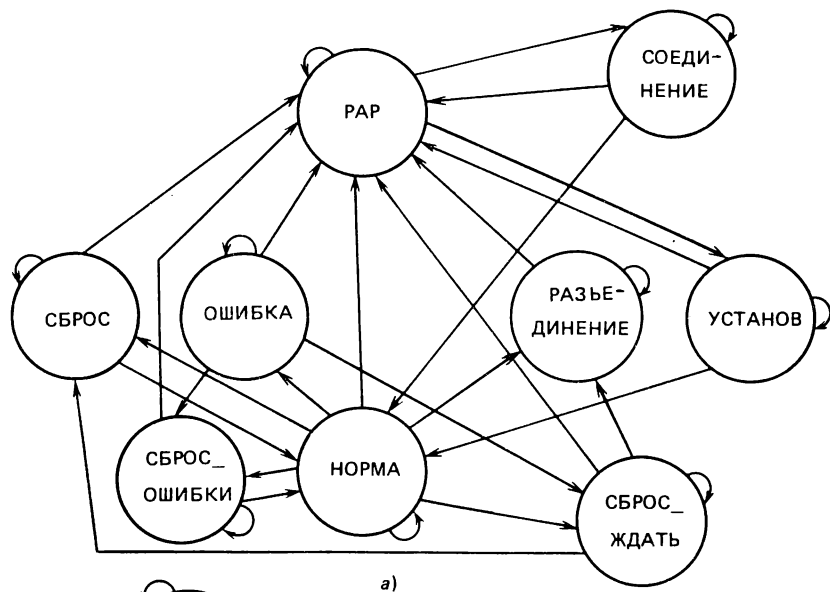
Некоторые события списка представлены в форме ПРИНЯТ\_XXX\_УУУ. Их следует понимать как прием любого ПБДЗ (команды или ответа), поскольку для этого состояния несущественно, какой именно ПБДЗ принят. Значение бит З и П, обозначенное знаком Х, следует понимать как 0 или 1. Для некоторых комбинаций состояний и событий таблица обеспечивает несколько вариантов действий (в табл. 2.10 эти варианты разделены точками). Конкретный вариант действий выбирается на основе состояния УЛЗ, результата действия диспетчера станции и конкретной реализации.

Некоторые действия описаны в форме ПЕРЕДАТЬ\_XXX\_ОТВ (П=1). Это означает, что если некоторый ПБДЗ-ответ с битом П=0 был передан ранее (в УДС), то можно модифицировать бит П этого ПБДЗ с нуля на единицу. Это возможно, если УЛЗ имеет доступ к очереди ПБДЗ, ожидающих на УДС передачи.

Для упрощения таблицы в ней используются следующие четыре тайм-аута: ДА\_ТАЙМ (тайм-аут положительного ответа), З\_ТАЙМ (тайм-аут цикла З/П), НПР\_ТАЙМ (тайм-аут неприема) и ЗАНЯТО\_ТАЙМ (тайм-аут занятости). Введением дополнительных флагов можно написать функционально эквивалентную таблицу переходов состояний с использованием только одного тайм-аута.

**Описание состояний компонента СОЕДИНЕНИЕ.** Компонент СОЕДИНЕНИЕ может находиться в одном из перечисленных ниже состояний.

1. РАР — компонент находится в режиме асинхронного разъединения, в котором он может принимать ПБДЗ УРРАС от удаленной ТДУ или передавать такой ПБДЗ по



4. **ЗАНЯТО** — существует соединение звена данных между локальной и удаленной ТДУ, по которому могут передаваться ПБДЗИ. Местные условия не позволяют принимать информационное поле принятых ПБДЗИ. Управляющие ПБДЗ могут приниматься и передаваться.

5. **НЕПРИЕМ** — существует соединение звена данных между локальной и удаленной ТДУ. Местный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** требует, чтобы удаленный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** повторно передал ПБДЗИ, которые не были правильно приняты. Могут передаваться и приниматься информационные и управляющие ПБДЗ.

6. **ЖДАТЬ** — существует соединение звена данных между локальной и удаленной ТДУ. Локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** выполняет операцию восстановления по тайм-ауту, передавая команду с битом  $Z=1$  и ожидая подтверждения на нее; ПБДЗИ могут быть приняты, но не могут быть переданы. Управляющие ПБДЗ могут быть переданы и приняты.

7. **ЖДАТЬ\_ЗАНЯТО** — существует соединение звена данных между локальной и удаленной ТДУ. Локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** выполняет операцию восстановления по тайм-ауту, передавая команду с битом  $Z=1$  и ожидая подтверждения от удаленного компонента; ПБДЗИ не могут передаваться. Кроме того, местные условия не позволяют принимать информационные поля ПБДЗИ. Управляющие ПБДЗ могут приниматься и передаваться.

8. **ЖДАТЬ\_НЕПРИЕМ** — существует соединение между локальной и удаленной ТДУ. Локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ**, выполняющий операцию восстановления по тайм-ауту, передает команду с битом  $Z = 1$ , ожидает подтверждения от удаленного компонента **СОЕДИНЕНИЕ**. Кроме того, он послал запрос удаленному компоненту **СОЕДИНЕНИЕ** на повторную передачу ПБДЗИ, которые не были правильно приняты; ПБДЗИ могут приниматься, но не могут передаваться. Управляющие ПБДЗ могут приниматься и передаваться.

9. **РАЗЪЕДИНЕНИЕ** — по запросу пользователя локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** передал команду РЗД и ждет ответа от удаленного компонента **СОЕДИНЕНИЕ**.

10. **СБРОС** — в результате запроса пользователя или приема ПБДЗ НПКРК местный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** передал команду УРРАС для сброса соединения и ждет ответа от удаленного компонента **СОЕДИНЕНИЕ**.

11. **ОШИБКА** — локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** обнаружил ошибку в принятом ПБД и передал ПБДЗ НПКРК, после чего ожидает ответного действия удаленного компонента **СОЕДИНЕНИЕ**.

12. **СОЕДИНЕНИЕ** — локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** получил ПБДЗ УРРАС от удаленного компонента и ожидает, примет или отклонит локальный пользователь это соединение.

13. **СБРОС\_ОШИБКИ** — локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** ждет, примет или отклонит локальный пользователь удаленный запрос сброса.

14. **СБРОС\_ЖДАТЬ** — локальный компонент **СОЕДИНЕНИЕ** ожидает от локального пользователя примитива **ЗД\_СБРОС.запрос** или **ЗД\_РАЗЪЕДИНЕНИЕ.запрос**.

**Описание событий компонента СОЕДИНЕНИЕ.** С компонентом **СОЕДИНЕНИЕ** связаны следующие события.

1. **СОЕД\_ЗАПРОС** — пользователь затребовал установления соединения с удаленной ТДУ УЛЗ.



2. СОЕД\_ОТВЕТ — пользователь согласился установить соединение.
3. ДАННЫЕ\_ЗАПРОС — пользователь потребовал передать блок данных на удаленную ТДУ.
4. РАЗЪЕД\_ЗАПРОС — пользователь потребовал прекратить соединение с удаленной ТДУ.
5. СБРОС\_ЗАПРОС — пользователь потребовал выполнить сброс соединения с удаленной ТДУ.
6. СБРОС\_ОТВЕТ — пользователь дал согласие на сброс соединения.
7. МЕСТНАЯ\_ЗАНЯТО\_ОБНАРУЖЕНО — локальная станция вошла в состояние занятости и не может принимать ПБДЗИ.
8. МЕСТНАЯ\_ЗАНЯТОСТЬ\_УСТРАНЕНА — на локальной станции устранено состояние занятости, и она теперь может принимать ПБДЗИ.
9. ПРИНЯТ\_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ\_ПБД — удаленный компонент СОЕДИНЕНИЕ передал команду или ответ, не реализованную на локальной стороне или имеющую поле информации, которого не должно быть или длина которого больше, чем может принимать локальный УЛЗ.
10. ПРИНЯТА\_РЗД\_КМД ( $Z=X$ ) — удаленная ТДУО передала команду РЗД с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП.
11. ПРИНЯТ\_ФРЗД\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленный компонент СОЕДИНЕНИЕ передал ответ ФРЗД с битом П в значении X, адресованный локальному компоненту.
12. ПРИНЯТ\_НПРК\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленный компонент СОЕДИНЕНИЕ передал ответ НПРК с битом П в значении X, адресованный локальному компоненту.
13. ПРИНЯТА\_И\_КМД ( $Z=X$ ) — удаленная ТДУО передала команду И с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП. Номера Нпм, Нпд действительны и Нпд — ожидаемый порядковый номер.
14. ПРИНЯТА\_И\_КМД ( $Z=X$ )\_С\_Нпд $\neq$ ПМ — удаленная ТДУО передала команду И с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП; Нпд — действительный, но не ожидаемый порядковый номер, Нпм — действительный.
15. ПРИНЯТА\_И\_КМД ( $Z=X$ )\_С\_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ\_Нпд — удаленная ТДУО передала команду И с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП. Номер Нпд — недействительный, Нпм — действительный.
16. ПРИНЯТ\_И\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленная ТДУО передала ответ И с битом П в значении X, адресованный локальной ТДУП. Номера Нпм и Нпд — действительные и Нпд — ожидаемый порядковый номер.
17. ПРИНЯТ\_И\_ОТВ ( $P=X$ )\_С\_Нпд $\neq$ ПМ — удаленная ТДУО передала ответ И с битом П в значении X, адресованный локальной ТДУП. Номер Нпд не является ожидаемым по порядку, но находится в пределах окна приема.
18. ПРИНЯТ\_И\_ОТВ ( $P=X$ )\_С\_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ\_Нпд — удаленная ТДУО передала ответ И с битом П в значении X, адресованный локальной ТДУП. Номер Нпд — недействительный, Нпм — действительный.
19. ПРИНЯТА\_НПР\_КМД ( $Z=X$ ) — удаленная ТДУО передала команду НПР с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП.
20. ПРИНЯТ\_НПР\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленная ТДУО передала ответ НПР с битом П в значении X, адресованный локальной ТДУП.

21. ПРИНЯТА\_НГПР\_КМД ( $P=X$ ) — удаленная ТДУО передала команду НГПР с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП.

22. ПРИНЯТ\_НГПР\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленная ТДУО передала ответ НГПР с битом P в значении X, адресованный локальной ТДУП.

23. ПРИНЯТА\_ГПР\_КМД ( $Z=X$ ) — удаленная ТДУО передала команду ГПР с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП.

24. ПРИНЯТ\_ГПР\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленная ТДУО передала ответ ГПР с битом P в значении X, адресованный локальной ТДУП.

25. ПРИНЯТА\_УРРАС\_КМД ( $Z=X$ ) — удаленная ТДУО передала команду УРРАС с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП.

26. ПРИНЯТ\_НП\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленная ТДУО передала ответ НП с битом P в значении X, адресованный локальной ТДУП.

27. ПРИНЯТА\_XXX\_КМД ( $Z=X$ ) — удаленная ТДУО передала одну из команд типа 2 с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП. Вид команды не имеет значения в данном состоянии.

28. ПРИНЯТ\_XXX\_ОТВ ( $P=X$ ) — удаленная ТДУО передала один из ответов типа 2 с битом P в значении X, адресованный локальной ТДУП. Конкретный вид ответа не имеет значения в данном состоянии.

29. ПРИНЯТ\_XXX\_УУУ — удаленная ТДУО передала ПБДЗ типа 2, адресованный локальной ТДУП. Не имеет значения, является этот ПБДЗ командой или ответом.

30. ПРИНЯТА\_XXX\_КМД ( $Z=X$ )\_С\_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ\_Нпм — удаленная ТДУО передала одну из команд И, ГПР, НГПР или НПР с битом 3 в значении X, адресованную локальной ТДУП. Номер Нпм недействительный.

31. ПРИНЯТ\_XXX\_ОТВ ( $P=X$ )\_С\_НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ\_Нпм — удаленная ТДУО передала один из ответов И, ГПР, НГПР или НПР с битом P в значении X, адресованный локальной ТДУП. Номер Нпм недействительный.

32. 3\_ТАЙМ\_ИСТЕК — истек тайм-аут цикла обмена битами 3/П.

33. ДА\_ТАЙМ\_ИСТЕК — истек тайм-аут положительного ответа.

34. НПР\_ТАЙМ\_ИСТЕК — истек тайм-аут "передан НПР".

35. ЗАНЯТО\_ТАЙМ\_ИСТЕК — истек тайм-аут удаленной занятости.

В таблице переходов состояний некоторые из перечисленных событий сопровождаются дополнительными условиями. Событие считается наступившим, если дополнительные условия имеют значение "истина".

36. ДАННЫЕ\_ФЛАГ=1 — эта переменная имеет значение 1, когда блок(и) данных принятых ПБДЗИ аннулирован(ы) вследствие занятости локальной станции.

37. ДАННЫЕ\_ФЛАГ=0 — переменная имеет значение 0, если ПБДЗИ принят(ы) нормально, несмотря на локальное состояние занятости.

38. ДАННЫЕ\_ФЛАГ=2 — переменная имеет значение 2, если компонент СОЕДИНЕНИЕ перешел в состояние ЗАНЯТО из состояния НЕПРИЕМ и затребованные ПБДЗИ еще не приняты.

39. 3\_ФЛАГ=1 — эта логическая переменная должна иметь значение 1, если передана команда с битом 3=1 и ожидается прием ответа с битом P=1.

40. 3\_ФЛАГ=0 — переменная 3\_ФЛАГ имеет значение 0, если не ожидается приема ответного ПБДЗ с битом P=1.

41. З\_ФЛАГ=П – значение переменной З\_ФЛАГ равно значению бита П в принятом ответном ПБДЗ.

42. УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО=1 – эта логическая переменная должна иметь значение 1, если принят ПБДЗ НГПР от удаленного компонента СОЕДИНЕНИЕ, указывающего на невозможность передачи ПБДЗИ.

43. УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО=0 – переменная УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО имеет значение 0, если передача ПБДЗИ возможна.

44. СЧ\_ПОВТОР<N2 – число повторных передач меньше максимально допустимого значения (значение параметра N2 зависит от конкретной реализации).

45. СЧ\_ПОВТОР≥N2 – число повторов достигло предела.

46. У\_ФЛАГ=1 – в состояниях УСТАНОВ, СБРОС, СБРОС\_ЖДАТЬ значение 1 переменной У\_ФЛАГ указывает, что принят ПБДЗ УРРАС.

47. У\_ФЛАГ=0 – в состояниях УСТАНОВ, СБРОС, СБРОС\_ЖДАТЬ значение 0 переменной У\_ФЛАГ означает, что ПБДЗ УРРАС не принят.

48. НАЧАТЬ\_З/П\_ЦИКЛ – локальный УЛЗ желает инициировать цикл З/П (это требуется только в том случае, если локальный УЛЗ по некоторым причинам не генерирует других ПБДЗ-команд).

**Описание действий компонента СОЕДИНЕНИЕ.** Компонент СОЕДИНЕНИЕ может выполнять следующие действия.

1. УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО:=0 – переменная УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО, имевшая значение 1, устанавливается в 0, указывая тем самым на способность удаленного УЛЗ принимать ПБДЗИ, останавливается таймер ЗАНЯТО\_ТАЙМ, иницируется СЧ\_ПОВТОР:=0, пользователь информируется посылкой ОТЧЕТ\_СОСТОЯНИЕ (УДАЛЕННАЯ\_НЕ\_ЗАНЯТО) и начинается (возобновляется) передача ПБДЗИ, ожидавших снятия занятости.

2. СОЕД\_ИНДИКАЦИЯ – информирует пользователя о том, что удаленная ТДУО запросила установление соединения.

3. СОЕД\_ПОДТВЕРЖДЕНИЕ – компонент СОЕДИНЕНИЕ сообщает, что удаленный логический объект сетевого уровня воспринял соединение.

4. ДАННЫЕ\_ИНДИКАЦИЯ – компонент СОЕДИНЕНИЕ передает пользователю блок данных из принятого ПБДЗИ.

5. РАЗЪЕД\_ИНДИКАЦИЯ – информирует пользователя о том, что началось разъединение данного соединения.

6. СБРОС\_ИНДИКАЦИЯ – информирует пользователя о том, что удаленный логический объект сетевого уровня или удаленный компонент СОЕДИНЕНИЕ начал процедуру сброса соединения или что локальный компонент СОЕДИНЕНИЕ определил необходимость повторной инициации соединения. Действительными параметрами являются:

УДАЛ. – сброс соединения начат по инициативе удаленного компонента (сетевого или УЛЗ);

МЕСТ. – локальный компонент УЛЗ определил необходимость повторной инициации соединения.

7. СБРОС\_ПОДТВЕРЖДЕНИЕ – компонент СОЕДИНЕНИЕ сообщает, что удаленный логический объект сетевого уровня воспринял сброс.

8. СООБЩИТЬ\_СОСТОЯНИЕ – сообщает функции управления подуровнем УЛЗ состояние соединения. Допустимыми значениями являются:

НПРК\_ПРИНЯТ – локальный компонент СОЕДИНЕНИЕ принял ПБДЗ-ответ НПРК;

НПРК\_ПЕРЕДАН – локальный компонент СОЕДИНЕНИЕ принял недействительный ПБДЗ и передал ответ НПРК;

УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО – удаленная ТДУП занята; локальный компонент СОЕДИНЕНИЕ не может принимать примитивы ДАННЫЕ\_ЗАПРОС;

УДАЛЕННАЯ\_НЕ\_ЗАНЯТО – удаленная ТДУП не занята; локальный компонент СОЕДИНЕНИЕ может принимать примитивы ДАННЫЕ\_ЗАПРОС.

9. ЕСЛИ\_П=1\_УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО:=0 – если на ПБДЗ-команду с битом З=1 принят ответ ПБДЗИ с битом П=1, выполняется действие УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО:=0.

10. ЕСЛИ\_ДАННЫЕ\_ФЛАГ=2\_ОСТАНОВИТЬ\_НПР\_ТАЙМ – если переменная ДАННЫЕ\_ФЛАГ имеет значение 2, указывая, что ПБДЗ НПР передан, отсчет тайм-аута "передан НПР" прекращается.

11. ПЕРЕДАТЬ\_РЗД\_КМД (З=X) – передать удаленной ТДУП команду РЗД с битом З=0 или 1.

12. ПЕРЕДАТЬ\_ФРЗД\_ОТВ (П=X) – передать удаленной ТДУП ответ ФРЗД с битом П=0 или 1.

13. ПЕРЕДАТЬ\_НПРК\_ОТВ (П=X) – передать удаленной ТДУП ответ НПРК с битом П=0 или 1.

14. ПЕРЕДАТЬ\_ПОВТОРНО\_НПРК\_ОТВ (П=0) – повторно передать удаленной ТДУП ответ НПРК, переданный ранее. Бит П установить в 0.

15. ПЕРЕДАТЬ\_ПОВТОРНО\_НПРК\_ОТВ (П=3) – повторно передать удаленной ТДУП ответ НПРК, переданный ранее. Бит П установить равным биту З принятой команды.

16. ПЕРЕДАТЬ\_И\_КМД (З=1) – передать удаленной ТДУП команду И с битом З=1 и с блоком данных, выданным пользователем в примитиве ДАННЫЕ\_ЗАПРОС. Перед передачей скопировать переменные ПД и ПМ соответственно в поля Нпд и Нпм передаваемого ПБДЗ и увеличить на единицу (по модулю 128) переменную ПД.

17. ПЕРЕДАТЬ\_ПОВТОРНО\_И\_КМД (З=1) – начать повторную передачу всех неподтвержденных ПБДЗИ этого соединения с номера, равного Нпм в принятом ПБДЗ. Первый ПБДЗИ передать как команду с битом З=1. Остальные ПБДЗИ можно передавать как команды с битом З=0 либо как ответы с битом П=0.

18. ПЕРЕДАТЬ\_ПОВТОРНО\_И\_КМД (З=1)\_ИЛИ\_ПЕРЕДАТЬ\_ГПР – начать повторную передачу всех неподтвержденных ПБДЗИ для этого соединения с номера, равного Нпм в принятом ПБДЗ. Первый ПБДЗИ передать как команду с битом З=1. Остальные ПБДЗИ можно передавать как команды с битом З=0 либо как ответы с битом П=0. Допускается передать удаленной ТДУП команду ГПР с битом З=1 перед началом повторной передачи ПБДЗИ. В этом случае первый ПБДЗИ должен передаваться как команда с битом З=0 либо как ответ с битом П=0. Если нет готовых к передаче ПБДЗИ, можно передать удаленной ТДУП команду ГПР с битом З=1.

19. ПЕРЕДАТЬ\_И\_XXX (Х=0) – передать удаленной ТДУП ПБДЗИ как ответ либо как команду с битом З/П=0 и с блоком данных, выданным пользователем в примитиве ДАННЫЕ\_ЗАПРОС. Перед передачей текущее значение переменных ПД и ПМ копиру-

ются в поля ПБДЗИ, Нпд и Нпм соответственно. После этого переменная ПД увеличивается на единицу (по модулю 128).

20. ПЕРЕДАТЬ\_ПОВТОРНО\_И\_XXX ( $X=0$ ) — начать повторную передачу всех неподтвержденных ПБДЗИ с номера Нпм, который содержится в последнем принятом ПБДЗ. Они должны быть переданы как команды либо как ответы с битом  $З/П=0$ .

21. ПЕРЕДАТЬ\_ПОВТОРНО\_И\_XXX\_( $X=0$ )\_ИЛИ\_ПЕРЕДАТЬ\_ГПР — начать повторную передачу всех неподтвержденных ПБДЗИ с номера, равного Нпм в последнем принятом ПБДЗ. Они должны быть переданы как команды либо как ответы с битом  $З/П=0$ . Допускается передать удаленной ТДУП команду или ответ ГПР с битом  $З/П=0$  перед началом повторной передачи ПБДЗИ. Если нет готовых к передаче ПБДЗИ, необходимо передать удаленной ТДУП команду или ответ ГПР с битом  $З/П=0$ .

22. ПЕРЕДАТЬ\_ПОВТОРНО\_И\_ОТВ ( $П=1$ ) — начать повторную передачу всех неподтвержденных для данного соединения ПБДЗИ с номера, равного Нпм в последнем принятом ПБДЗ. Первый ПБДЗИ должен передаваться как ответ с битом  $П=1$ , остальные либо как команды, либо как ответы с битом  $З/П=0$ .

23. ПЕРЕДАТЬ\_НПР\_КМД ( $З=1$ ) — передать удаленной ТДУП команду НПР с битом  $З=1$ .

24. ПЕРЕДАТЬ\_НПР\_ОТВ ( $П=1$ ) — передать удаленной ТДУП ответ НПР с битом  $П=1$ .

25. ПЕРЕДАТЬ\_НПР\_XXX ( $X=0$ ) — передать удаленной ТДУП ПБД НПР как команду либо как ответ с битом  $З/П=0$ .

26. ПЕРЕДАТЬ\_НГПР\_КМД ( $З=1$ ) — передать удаленной ТДУП команду НГПР с битом  $З=1$ .

27. ПЕРЕДАТЬ\_НГПР\_ОТВ ( $П=1$ ) — передать удаленной ТДУП ответ НГПР с битом  $П=1$ .

28. ПЕРЕДАТЬ\_НГПР\_XXX ( $X=0$ ) — передать удаленной ТДУП НГПР как команду с битом  $З=0$  либо как ответ с битом  $П=0$ .

29. УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО:=1 — если логическая переменная УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО имеет значение 0, установить ее в значение 1 для указания состояния занятости удаленного УЛЗ и его неспособности принимать ПБДЗИ. Запустить тайм-аут ЗАНЯТО\_ТАЙМ, проинформировать пользователя об этом послылкой ОТЧЕТ\_СОСТОЯНИЕ (УДАЛЕННАЯ\_ЗАНЯТО) и прекратить текущую передачу ПБДЗИ.

30. МОЖНО\_ПЕРЕДАТЬ\_НГПР\_XXX ( $X=0$ ) — разрешается передать удаленной ТДУП команду или ответ НГПР с битом  $З/П=0$  в случае, если удаленная станция не приняла первый НГПР, переданный во время установления состояния локальной занятости.

31. ПЕРЕДАТЬ\_ГПР\_КМД ( $З=1$ ) — передать удаленной ТДУП команду ГПР с битом  $З=1$ .

32. ПЕРЕДАТЬ\_ДА\_КМД ( $З=1$ ) — передать удаленной ТДУП команду с битом  $З=1$ . Если нет готовых к передаче ПБДЗИ, необходимо передать удаленной ТДУП команду ГПР с битом  $З=1$  (выдача этой команды может быть задержана на время, ограниченное величиной ДА\_ТАЙМ в ожидании генерации ПБДЗИ). Однако если ПБДЗИ готов к передаче и может быть модифицирован в команду с битом  $З=1$ , передача команды ГПР не требуется.

33. ПЕРЕДАТЬ\_ГПР\_ОТВ ( $П=1$ ) — передать удаленной ТДУП ответ ГПР с битом  $П=1$ .

34. ПЕРЕДАТЬ\_ДА\_ОТВ (П=1) — передать удаленной ТДУП ответ с битом П=1. Если нет готовых к передаче ПБДЗИ, необходимо передать удаленной ТДУП ответ ГПР с битом П=1. Однако, если ПБДЗИ готов к передаче и может быть модифицирован в ответ с битом П=1, передача ответа ГПР не требуется.

35. ПЕРЕДАТЬ\_ГПР\_XXX (X=0) — передать удаленной ТДУП команду или ответ ГПР с битом 3/П=0.

36. ПЕРЕДАТЬ\_ДА\_XXX (X=0) — передать удаленной ТДУП команду или ответ с битом 3/П=0. Если нет ПБДЗИ, готовых к передаче, ПБДЗ ГПР с битом 3/П=0 должен быть передан удаленной ТДУП (этот ПБД ГПР может быть задержан на время, ограниченное тайм-аутом ДА\_ТАЙМ в ожидании генерации ПБДЗИ). Однако если ПБДЗИ готов к передаче, передача ГПР не требуется.

37. ПЕРЕДАТЬ\_УРРАС\_КМД (3=X) — передать удаленной ТДУП команду УРРАС с битом 3=0 или 1.

38. ПЕРЕДАТЬ\_НП\_ОТВ (П=X) — передать удаленной ТДУП ответ НП с битом П=0 или 1.

39. У\_ФЛАГ:=0 — установить У\_ФЛАГ в значение 0 для указания на то, что команда УРРАС не получена из удаленного УЛЗ при нахождении локального компонента СОЕДИНЕНИЕ в состоянии СБРОС, УСТАНОВ или СБРОС\_ЖДАТЬ.

40. У\_ФЛАГ:=1 — установить У\_ФЛАГ в значение 1 для указания на то, что команда УРРАС получена из удаленного УЛЗ при нахождении локального компонента СОЕДИНЕНИЕ в состоянии СБРОС, УСТАНОВ или СБРОС\_ЖДАТЬ.

41. НАЧАТЬ\_3\_ТАЙМ — начать отсчет тайм-аута 3/П с нуля и установить СЧ\_ПОВТОР в значение 0, а 3\_ФЛАГ в значение 1.

42. НАЧАТЬ\_ДА\_ТАЙМ — начать отсчет тайм-аута положительного ответа с нуля.

43. НАЧАТЬ\_НПР\_ТАЙМ — начать отсчет тайм-аута "передан НПР" с нуля.

44. НАЧАТЬ\_ДА\_ТАЙМ\_ЕСЛИ\_НЕ\_НАЧАТ — если таймер положительного ответа не находится в состоянии отсчета, начать отсчет этого тайм-аута с нуля.

45. ОСТАНОВИТЬ\_ДА\_ТАЙМ — прекратить отсчет тайм-аута положительного ответа.

46. ОСТАНОВИТЬ\_3\_ТАЙМ — прекратить отсчет тайм-аута 3/П и установить 3\_ФЛАГ в значение 0.

47. ОСТАНОВИТЬ\_НПР\_ТАЙМ — прекратить отсчет тайм-аута "передан НПР".

48. ОСТАНОВИТЬ\_ВСЕ\_ТАЙМ — прекратить отсчет всех тайм-аутов.

49. ОСТАНОВИТЬ\_ОСТАЛЬНЫЕ\_ТАЙМ — прекратить отсчет тайм-аутов:3/П, "передан НПР" и занятости удаленной станции.

50. ОБНОВИТЬ\_Нпм — если Нпм принятого ПБДЗ подтверждает прием одного или нескольких ранее неподтвержденных ПБДЗИ, обновить локальный номер Нпм, установить переменную СЧ\_ПОВТОР в значение 0, остановить тайм-аут положительного ответа. Если остаются неподтвержденные ПБДЗИ или иницируется передача ПБДЗИ одновременно с действием ОБНОВИТЬ\_Нпм, необходимо начать отсчет тайм-аута положительного ответа, если он был прерван.

51. ОБНОВИТЬ\_3\_ФЛАГ — если принятый ПБДЗ был ответом с битом П=1, установить 3\_ФЛАГ в значение 0 и остановить тайм-аут 3/П.

52. ДАННЫЕ\_ФЛАГ:=2 — установить ДАННЫЕ\_ФЛАГ в значение 2 для указания на то, что состояние ЗАНЯТО было введено после состояния НЕПРИЕМ.

53. ДАННЫЕ\_ФЛАГ:=0 – установить ДАННЫЕ\_ФЛАГ в значение 0 для указания на то, что блоки данных из принятых ПБДЗИ не уничтожены во время занятости местной станции.

54. ДАННЫЕ\_ФЛАГ:=1 – установить ДАННЫЕ\_ФЛАГ в значение 1 для указания на то, что блоки данных из принятых ПБДЗИ уничтожены во время занятости местной станции.

55. ЕСЛИ\_ДАННЫЕ\_ФЛАГ=0\_ТОГДА\_ДАННЫЕ\_ФЛАГ=1 – если переменная ДАННЫЕ\_ФЛАГ имела значение 0, указывая, что ни один блок данных не был уничтожен, установить ее в значение 1 для указания на то, что теперь блоки данных будут уничтожаться.

56. З\_ФЛАГ:=0 – установить З\_ФЛАГ в значение 0, указав этим, что не ожидается прием ПБДЗ-ответа с битом П=1.

57. З\_ФЛАГ:=З – установить З\_ФЛАГ в значение, равное значению бита З переданной ПБДЗ-команды.

58. СЧ\_ПОВТОР:=0 – сбросить значение переменной СЧ\_ПОВТОР.

59. СЧ\_ПОВТОР:=СЧ\_ПОВТОР+1 – увеличить на единицу значение счетчика повторных передач.

60. ПМ:=0 – инициировать переменную состояния приема, установив ее в нуль.

61. ПМ:=ПМ+1 увеличить на единицу (по модулю 128) переменную приема, установив ее тем самым в значение, равное номеру следующего ПБДЗИ, ожидаемого на приеме.

62. ПД:=0 – инициировать переменную состояния передачи, установив ее в нуль.

63. ПД:=Нпм – установить переменную состояния передачи в значение, указанное номером Нпм в только что принятом ПБДЗ.

64. П\_ФЛАГ:=З – установить П\_ФЛАГ в значение принятого бита З. Это значение должен принять бит П, подлежащий передаче в ответе НП или ФРЗД.

## Раздел 3

### ШИНА СО СЛУЧАЙНЫМ ДОСТУПОМ

#### 3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 3.1.1. Основные понятия

Определения основополагающих понятий "Шинная сеть", "ЛВС основной полосы", "Широкополосная ЛВС" и других приведены в 1.1.1.

Опознавание несущей (Carrier sense) – действия станции по обнаружению в физической среде передач от других станций.

Конфликт (Collision) – непредвиденная ситуация, возникающая при наличии одновременных передач со стороны нескольких станций в одном канале физической среды.

Соперничество (Contention) – одновременное начало передачи двумя или более станциями ЛВС с риском возникновения конфликта.

Сеть с коллективным доступом, опознаванием несущей и обнаружением конфликтов КДОН/ОК (Carrier sense multiple access with collision detection CSMA/CD) — шинная сеть, в которой протокол требует опознавания несущей для обнаружения передачи другой станции и конфликты разрешаются путем повторных передач кадра.

Кадр данных (Frame) — форматированная битовая последовательность, содержащая адресную, управляющую информацию и данные пользователя и передаваемая как единое целое между подуровнями УДС станций кольца.

Пакет (Packet) — кадр данных, дополненный преамбулой и начальным ограничителем.

Битовая скорость (bit rate — BR) — мера пропускной способности физической среды, бит/с или Гц.

Отсрочка (Deference) — процесс задержки станцией своей передачи при занятости физической среды с целью устранения конфликта между передающими станциями.

Период усечения кадра (Slot time) — зависящая от реализации единица времени, которая в случае обнаружения конфликта используется станцией данных для определения длительностей задержек, после которых она может осуществлять попытку повторной передачи.

Усеченный экспоненциальный двоичный алгоритм отсрочки (Truncated binary exponential backoff) — алгоритм планирования повторных передач после обнаружения конфликта, при котором передача задерживается на период времени, вычисляемый на основе периода усечения кадра и числа попыток повторной передачи.

Наличие конфликта — НК (Collision presence, collision enforcement, jam) — 1) битовая комбинация, передаваемая станцией с целью информирования всех остальных станций о наличии конфликта в физической среде и о необходимости прекратить передачу; 2) сигнал, вырабатываемый при обнаружении конфликта в физической среде.

Задержка кругового обхода (Round trip propagation time) — удвоенное время прохождения бита между двумя наиболее удаленными станциями шинной сети.

Повторитель (Repeater) — активное устройство, расположенное в узле ЛВС и предназначенное для увеличения длины и расширения топологии физической среды за пределы одного сегмента или для организации двух ветвей. Повторитель выполняет функции регенерации и синхронизации сигналов.

Объединитель (Coupler) — пассивное устройство, размещаемое в узле ЛВС и используемое для взаимосвязи более двух ветвей.

Ответвитель (Tap) — пассивное направленное устройство широкополосной среды, которое направляет передаваемые МСС данные в распределитель.

Ответвительный кабель (Drop cable) — кабель, соединяющий станцию с магистральным кабелем.

### 3.1.2. Состояние стандартизации

Стандарты ANSI/IEEE 802-3, МС 8802-3, ЕСМА-80, 81, 82 определяют протоколы и услуги подуровня УДС и физического уровня, а также спецификацию физической среды для ЛВС шинного типа со случайным доступом (ЛВС ИСД).



Стандарт МСХ 8802-3 разработан на основе стандарта ANSI/IEEE 802-3 и предусматривает использование в ЛВС МСХ нескольких типов физической среды. В основной части стандарта первой редакции (1988 г.) определен лишь один тип физической среды на основе коаксиального кабеля для передачи в основной полосе частот со скоростью 10 Мбит/с (система 10BASE5) и зарезервировано три отдельных раздела для других типов систем: 10BASE2, 10BROAD36 и 1BASE5, предусматривающих более широкий набор физических сред и диапазон скоростей передачи 1...20 Мбит/с. В настоящее время стандартизация этих систем проводится в виде дополнений к МСХ 8802-3 (см. приложение 1), которые подлежат включению в основную часть стандарта следующей редакции. Кроме того, разрабатывается дополнение, содержащее пересматриваемый раздел существующей редакции стандарта по спецификации повторителей для систем 10BASE5 и 10BASE2.

В ЕСМА к настоящему времени выпущено три стандарта по ЛВС МСХ: ЕСМА-80 определяет параметры физической среды (коаксиального кабеля); ЕСМА-81 определяет протокол и услуги физического уровня; ЕСМА-82 определяет протокол и услуги уровня звена данных. Перечисленные стандарты ЕСМА также основаны на упомянутом стандарте ANSI/IEEE и подобно основной части стандарта МСХ 8802-3 определяют только один тип физической среды – коаксиальный кабель для скорости 10 Мбит/с в основной полосе частот.

### 3.1.3. Принцип доступа к физической среде

Протокол УДС, определяемый перечисленными стандартами, основан на методе коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов КДОН/ОК (Carrier sense multiple access with collision detection CSMA/CD). Метод КДОН/ОК позволяет всем станциям ЛВС коллективно использовать общую физическую среду, организованную в виде шинной магистрали. Каждая станция, имеющая данные для передачи, отслеживает состояние физической среды и при отсутствии передач от других станций (период незанятости) помещает свое сообщение в физическую среду последовательно по битам. Если после начала передачи оно сталкивается с сообщением другой станции, то каждая из этих станций преднамеренно выдает в физическую среду случайную битовую комбинацию, чтобы обозначить для всей системы наличие конфликта. Затем станция выжидает в течении определенного динамически изменяемого промежутка времени, прежде чем повторить попытку передачи.

Архитектура ЛВС рассматриваемого типа соответствует рис. 1.1, б. В архитектуре определены четыре вида интерфейсов: между подуровнями УДС и УЛЗ (обеспечивает средства передачи и приема кадров, выдачу процедурам обработки ошибок вышерасположенных уровней информации о состоянии текущих операций); между физическим уровнем и подуровнем УДС (обеспечивает сигналы опознавания несущей, инициацию передачи, обнаружение конфликтов и разрешение соперничества, а также средства передачи двух потоков бит (передаваемого и принимаемого) между двумя уровнями и функции синхронизации); интерфейсы ИМС и ИЗС, рассмотренные в 1.4.

Помимо перечисленных существуют интерфейсы между каждым уровнем архитектуры ЛВС и диспетчером станции. Однако в существующих редакциях всех перечисленных стандартов эти интерфейсы не определены.

## 3.2. ПРОТОКОЛ ПОДУРОВНЯ УДС

### 3.2.1. Структура и формат кадра

Обмен данными между логическими объектами УДС осуществляется кадрами. Кадр содержит восемь полей, расположенных в перечисляемой последовательности: преамбула, начальный ограничитель (НО), адрес получателя (АП), адрес отправителя (АО), длина кадра, данные УЛЗ, заполнение (ЗАП) и контрольная последовательность кадра (КПК). Формат кадра УДС в ЛВС ШСД и длины его полей показаны на рис. 3.1.

Все поля кадра за исключением полей "данные УЛЗ" и ЗАП имеют фиксированную длину. Октеты кадра передаются слева направо в порядке их расположения (см. рис.3.1. Биты каждого октета (за исключением поля КПК) передаются слева направо в порядке убывания из значимости.

Преамбула используется для того, чтобы дать время и возможность схемам ПФС прийти в устойчивый синхронизм с принимаемыми тактовыми сигналами УДС. Каждый октет преамбулы имеет битовую комбинацию 10101010. При манчестерском кодировании (см. 3.4.1) эта комбинация представляется в физической среде периодическим волновым сигналом, который обеспечивает поддержание битовой синхронизации.

Поле НО представляет собой двоичную комбинацию 10101011, продолжает выполнение функций преамбулы и означает начало кадра. Появление этой комбинации является первым указанием на предстоящий процесс приема кадра.

Поле АП указывает либо индивидуальный адрес станции-получателя кадра, либо групповой адрес нескольких (возможно всех) станций сети, которым предназначен данный кадр.

Поле АО содержит индивидуальный адрес станции — отправителя данного кадра. Адрес АО не интерпретируется УДС.

Длина полей АП и АО может составлять 16 или 48 бит, однако во всех станциях каждой конкретной ЛВС в определенный момент поля АП и АО должны иметь одинаковую длину.

В адресах обоих типов (16 и 48 бит) первый слева (младший по значимости) бит поля АП служит для различения индивидуального (бит равен 0) и группового или глобального (1) адресов. Поле АП, у которого первый бит установлен в значение 1, может идентифицировать группу станций, все активные станции ЛВС или ни одной станции. В поле АО первый слева бит всегда должен быть установлен в значение 0.

	Преамбула	Начальный ограничитель (НО)	Адрес получателя (АП)	Адрес отправителя (АО)	Длина кадра	Данные УЛЗ	Заполнитель (ЗАП)	Контрольная последовательность кадра (КПК)
Длина поля в октетах	7	1	2 или 6	2 или 6	2			4

Рис. 3.1. Формат кадра УДС ЛВС ШСД

В 48-битных полях АП и АО второй слева бит служит для различения локально администрируемого адреса (бит равен 1) и глобально (или универсально) администрируемого адреса (бит равен 0). При широковещательной (глобальной) адресации всех станций кольца все биты поля АП установлены в значение 1. Все станции ЛВС должны уметь распознавать глобальный адрес, однако его генерация не обязательна для каждой станции.

Поле "длина кадра" указывает число октетов кадра УЛЗ, содержащегося в поле "данные УЛЗ".

Поле "данные УЛЗ" содержит целое число ( $n$ ) октетов данных. Минимальное и максимальное значения  $n$  зависят от конкретной реализации и не определяются стандартами. Если число октетов кадра УЛЗ меньше установленного минимального значения  $n$ , поле "данные УЛЗ" дополняется необходимым числом октетов, которые образуют поле ЗАП. Максимальное значение  $n$  зависит от максимально допустимого размера кадра и длины полей АП и АО (16 или 48 бит), принятых в конкретной реализации.

Поле КПК служит для проверки безошибочности принятого кадра данных и образуется путем циклической проверки полей АП, АО, "длина кадра", "данные УЛЗ" и ЗАП с использованием стандартного образующего полинома 32-й степени. На передающей стороне КПК вычисляется по формуле

$$(x^{32} C(x) + x^k(x))/P(x) = Q(x) + R(x)/P(x),$$

где  $C(x)$  — полином содержимого передаваемого кадра данных, охватываемого контролем КПК;  $k$  — число бит в содержимом передаваемого кадра данных  $C(x)$ ;  $(x)$  — единичный полином 31-й степени:  $(x) = x^{31} + x^{30} + \dots + x^2 + x + 1$ ;  $P(x)$  — образующий полином:  $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$ ;  $Q(x)$  — целая часть от деления по модулю 2;  $R(x)$  — остаток от деления по модулю 2.

Контрольная последовательность кадра должна представлять собой инверсию остатка этого деления по модулю 2: КПК =  $\overline{R(x)}$ .

Передающая сторона выдает информацию:

$M(x) = x^{32} C(x) + \text{КПК}$ . Контрольная последовательность кадра передается начиная с коэффициента наивысшей степени. Приемная сторона должна проверять поступающую информацию  $M^*(x)$  по формуле  $x^{32}(x) + x^{k+32}(x)/P(x) = Q^*(x) + R^*(x)/P(x)$ . При безошибочной передаче данных, т. е. если  $M^*(x) = M(x) = x^{32} C(x) + \text{КПК}$ , значение остатка  $R^*(x)$  не должно зависеть от содержимого кадра данных. Оно вычисляется как остаток деления  $x^{32}(x)/P(x)$  и имеет значение 100011100000100101110101110111.

Кадр УДС считается недействительным при наличии одного из следующих условий: поле "данные УЛЗ" не вписывается в кадр данных по своей длине; длина кадра не вписывается в установленный диапазон; в кадре содержится не целое число октетов; результат проверки КПК указывает на наличие ошибки в данных. Недействительные кадры УДС не должны передаваться подуровню УЛЗ, но могут быть переданы диспетчеру станции.

### 3.2.2. Протокольные операции

Услуги, обеспечиваемые УДС, дают возможность логическим объектам УЛЗ той же станции обмениваться блоками данных с логическими объектами УЛЗ другой станции, а также с логическими объектами УДС данной станции. Для обеспечения этих услуг используются два примитива: УДС\_БЛОК\_ДАННЫХ.запрос и УДС\_БЛОК\_ДАННЫХ.индикация. Назначение этих



Рис. 3.2. Функциональная организация подуровня УДС в ЛВС ШСД

примитивов и их параметры приведены в табл. 2.6.

Протокольные операции УДС по передаче кадров осуществляются независимо от его операций по приему кадров. В каждом из двух направлений (передача, прием) все функции УДС подразделяются на две группы:

организация данных (компоновка/раскомпоновка данных), в том числе формирование/расформирование кадров (определение границ кадра, синхронизация), адресация (обработка адресов получателя(ей) и отправителя), обнаружение ошибок передачи;

диспетчеризация доступа к среде, в том числе распределение среды (предотвращение конфликтов) и разрешение соперничества (ликвидация возникших конфликтов).

Для выполнения указанных двух групп функций в каждом направлении передачи выделяются по два соответствующих компонента УДС. Внутренняя функциональная организация подуровня УДС показана на рис. 3.2.

При выдаче подуровнем УЛЗ примитива запроса компонент компоновки данных УДС формирует на основе полученного сервисного блока данных (СБД) кадр данных, добавляя в начало СБД поля преамбулы, НО, АП, АО, длины, а в конце СБД — поле ЗАП (при необходи-

мости) и КПК. Сформированный кадр передается компоненту диспетчеризации доступа, который следит за состоянием среды по сигналу опознавания несущей, выдаваемому ПФС. Если среда свободна, то после короткой задержки, необходимой для стабилизации процессов УДС и физической среды (межкадровый интервал), сформированный кадр передается последовательно по битам в ПФС. Последний генерирует из бит кадра электрические сигналы для передачи в физическую среду и одновременно следит за ее состоянием, вырабатывая в случае ее занятости сигнал опознавания несущей. Если передача прошла без конфликтов, УДС информирует об этом УЛЗ и ожидает следующего запроса на передачу. При занятости среды УДС задерживает передачу своего кадра до ее освобождения, после чего выжидает межкадровый интервал и независимо от состояния сигнала опознавания несущей начинает передачу кадра. После завершения передачи УДС возобновляет наблюдение за сигналом опознавания несущей.

Если после начала передачи кадра в среде обнаруживается наличие кадра другой станции, ПФС включает сигнал наличия конфликта. По этому сигналу компонент диспетчеризации доступа УДС усиливает конфликтную ситуацию для уверенного ее опознавания всеми станциями ЛВС, вводя в среду битовую комбинацию "наличие конфликта" (НК), содержимое которой определяется конкретной реализацией. После этого УДС прерывает передачу своего кадра и с некоторой отсрочкой осуществляет попытку повторной передачи кадра.

Время, в течение которого станция может обнаружить передачу, называется окном конфликтов. Длительность окна конфликтов должна определяться суммарным временем распространения сигналов по физическому уровню (подуровням ПФС, ИМС, МСС) и по физической среде. Считается, что после прохождения передаваемым кадром окна конфликтов станция захватила среду, поскольку за это время все остальные станции должны обнаружить наличие передачи в среде по сигналу опознавания несущей.

Максимальное установленное стандартами число попыток повторной передачи кадра равно 16. После безуспешного их выполнения инициируется ошибка. До завершения этих попыток никакие другие кадры не должны передаваться.

Временное расписание повторных передач определяется на основе так называемого усеченного экспоненциального двоичного алгоритма отсрочки. Длительность отсрочки перед  $n$ -й попыткой повторной передачи — случайная величина  $t$  с равномерным распределением в диапазоне  $0 \leq t \leq 2$ , где  $k = \min(n, 10)$ . После десятой попытки значение  $t$  не увеличивается, а остается случайной величиной. Алгоритм выработки величины  $t$  должен минимизировать корреляцию между ее значениями в двух станциях в определенный момент и с каждой повторной попыткой (до десятой включительно) увеличивать длительность случайной отсрочки для снятия перегрузки физической среды.

Динамика обработки конфликта в значительной степени определяется одним параметром, называемым интервалом усечения кадра, длительность которого должна быть не менее суммы окна конфликта и максимальной длительности комбинации НК. Этот параметр определяет три важных параметра функции обработки конфликта: верхнюю границу времени захвата физической среды станцией, верхнюю границу фрагмента кадра, вырабатываемого конфликтом, и минимальный квант временного расписания повторных передач, а также определяет минимально допустимую длину действительного кадра УДС.

На приемной стороне поступление кадра обнаруживается ПФС, который включает сигнал опознавания несущей, кодирует поступающие сигналы, преобразуя их в последовательность бит кадра и передает эти биты УДС. Приемный компонент диспетчеризации доступа по сигналу опознавания несущей начинает прием и накопление бит из ПФС. При совпадении поля АП

Параметры протокола подуровня УДС ЛВС ИСД

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Интервал усечения кадра	512 битовых интервалов	Максимальное число возрастных отсрочки	10
Минимальная длина кадра	512 бит (64 октета)	Длина комбинации НК	32 бита
Межкадровый интервал	9,6 мс	Максимальная длина кадра	1518 октетов
Максимальное число попыток повторной передачи	16	Длина адреса	48 бит

кадра с адресом данной станции компонент раскомпоновки данных удаляет поля преамбулы и НО, проверяет поле КПК и действительность кадра и при отсутствии ошибок передает в УЛЗ в примитиве индикации поле данных, параметры АП и АО, а также код состояния, указывающий завершение приема или чрезмерную длину кадра. В последнем случае УДС может в зависимости от реализации оборвать конец кадра и оповестить об этом как об ошибке. Если длина принятого кадра не кратна длине октета, УДС может удалить концевые биты кадра до ближайшей границы октета.

Наименьшая длина действительного кадра должна быть не менее окна конфликтов. Любой кадр меньшей длины считается оборванным в результате конфликта и, поскольку появление таких кадров считается обычным явлением, об их поступлении и аннулировании УЛЗ не формируется.

Все описанные выше функции компонентов УДС можно кратко сформулировать следующим образом:

- прием октетов данных из УЛЗ, формирование из них кадра стандартного формата и его последовательная побитовая выдача в физический уровень;

- задержка передачи потока бит в физическую среду при ее занятости и на время межкадрового интервала;

- усиление обнаруженной конфликтной ситуации путем посылки комбинации НК и прекращение передачи кадра;

- временное расписание повторных передач кадра;

- последовательный побитовый прием данных из физического уровня, анализ адреса получателя, анализ действительности кадра, проверка октетных границ, аннулирование недействительных кадров и передача в УЛЗ полей данных действительных кадров.

В табл. 3.1 приведены параметры, которым должна соответствовать система, реализующая метод КДОН/ОК и использующая в качестве физической среды коаксиальный кабель при скорости 10 Мбит/с в основной полосе частот. Отклонения от этих параметров могут привести к системной реализации, не соответствующей стандарту.

### 3.3. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА И УСЛУГ УДС

#### 3.3.1. Особенности метода

Для точного описания функций УДС метода КДОН/ОК используется процедурная модель, написанная в виде программы на языке Паскаль [13, 14] и предназначенная в качестве исходной спецификации для любой физической реализации УДС КДОН/ОК. Модель обладает следующими свойствами:

- описываемые моделью процедуры могут быть реализованы программным, микропрограммным, аппаратным способами или их сочетанием;

- модель отображает в большей степени внешнее поведение УДС, чем его внутреннюю структуру;

- обрабатываемые входящие и исходящие кадры данных рассматриваются как простые объекты безотносительно к их битовой, октетной структуре, если не считать их преобразования в последовательную форму для передачи физическому уровню;

- параллельное выполнение взаимосвязанных процессов решается с учетом следующих двух допущений: процесс всегда способен своевременно отреагировать на внешнее событие и правильность взаимодействия двух процессов не должна зависеть от соотношения скоростей их протекания.

С целью упрощения спецификаций в модели обойдены многие ограничения, свойственные языку Паскаль, в частности:

- элементы программы (переменные, процедуры и др.) представлены в порядке нисходящего группирования, что обеспечивает удобочитаемость модели;

- с целью отображения автономных сторон параллельных процессов вводятся циклические конструкции Паскаля, составляющие основное "тело" процесса;

- отсутствие в языке границ пространства переменных компенсируется рассмотрением кадров как элементов, всегда имеющих фиксированную длину. Тот факт, что длина кадра зависит от длины его поля данных, следует рассматривать как переменный фактор в "долгосрочном" плане при постоянстве значения длины каждого конкретного кадра;

- использование различных записей для представления кадра (в виде полей и бит) не противоречит правилам языка Паскаль, хотя формально и не соответствует им, поскольку позволяет рассматривать представления данных нижерасположенных уровней как два различных вида данных.

В модели не используются какие-либо явные примитивы межпроцессовой синхронизации, а все взаимодействия между процессами выполняются путем тщательной манипуляции над распределенными переменными. Например, некоторые переменные устанавливаются только одним процессом, а проверяются другим процессом таким образом, что конечный результат не зависит от скоростей выполнения этих процессов. Подобные методы, не будучи удобными для конструирования крупных конкурирующих программ, упрощают, однако, рассматриваемую модель.

Процедурная модель основана на пяти взаимодействующих параллельных процессах: передатчика и приемника кадров, передатчика и приемника бит, а также отсрочки передачи (рис. 3.3). Два первых процесса, реализующих обмен кадров, фактически реализуются клиентами УДС, к числу которых относятся УЛЗ. Три последних процесса, осуществляющих побитовую обработку данных, реализуются в самом УДС.





Приводимое ниже описание протоколов и услуг на языке Паскаль — это всего лишь метод описания, который никоим образом не означает реализацию этого метода в виде программ.

В процедурной модели используются следующие ключевые слова языка Паскаль:

and	и	integer	целое
array	массив	not	не
begin	начало	of	из
boolean	булевская переменная	or	или
case	вариант	procedure	процедура
cycle	цикл	record	запись
constant	константа	repeat	повторять
do	выполнять	then	то
else	иначе	untill	до
end	конец	true	истинно
false	ложно	type	тип
for	для	var	переменная
function	функция	while	пока
if	если	with	с

### 3.3.2. Общие декларации

Приведем спецификацию общих функциональных возможностей и параметров, используемых подуровнем УДС ЛВС ШСД.

**Общие константы и типы.** Перечисленные ниже заявляемые константы и типы используются компонентами передачи и приема "организация данных" и "диспетчеризация доступа" подуровня УДС каждой станции ЛВС ШСД.

const

```

длина_адреса = ... ; {16 или 48 бит в соответствии с 3.2.1}
длина_длины = ... ; {в битах}
длина_данных_УЛЗ = ... ; {данные УЛЗ, см. 3.3.1}
длина_ЗАП = ... ; {в битах, = max (0, мин_длина_кадра - (2*длина_адреса + дли-
на_длины + длина_данных_УЛЗ + длина_КПК))}
длина_данных = ... ; {= длина_данных_УЛЗ + длина_ЗАП}
длина_КПК = 32; {32-битная КПК = 4 октета}
длина_кадра = ... ; {= 2* длина_адреса + длина_длины + длина_данных + длина_КПК,
см. 3.3.1}
мин_длина_кадра = ... ; {в битах, зависит от реализации, см. табл. 3.1}
интервал_усечения_кадра = ... ; {единица времени для обработки конфликта, зависит
от реализации, см. табл. 3.1}
длина_преамбулы = ... ; {в битах, зависит от физической среды}
длина_НО = 8; {8-битный начальный ограничитель}
длина_заголовка = ... ; {сумма длины_преамбулы и длины_НО}

```

type

```

бит = 0 ... 1;
значение_адреса = array [1.. длина_адреса] of бит;

```

```

значение_длины = array [1.. длина_длины] of bit;
значение_данных = array [1.. длина_данных] of bit;
значение_КПК = array [1.. длина_КПК] of bit;
значение_преамбулы = array [1.. длина_преамбулы] of bit;
значение_НО = array [1.. длина_НО] of bit;
вид_рассмотрения = (поля, биты); {два способа рассмотрения содержимого кадра}
вид_рассмотрения_заголовок = (поля_заголовка, биты_заголовка)
кадр = record {формат кадра УДС}
    case вид: вид_рассмотрения of
        поля: (
            поле_получателя: значение_адреса;
            поле_отправителя: значение_адреса;
            поле_длины: значение_длины;
            поле_данных: значение_данных;
            поле_КПК: значение_КПК;
            биты: (содержимое: array [1.. длина_кадра] of bit)
        end; {кадр данных}
    заголовок = record {формат преамбулы и НО}
        case вид_заголовка: вид_рассмотрения_заголовка of
            поля_заголовка: (
                преамбула: значение_преамбулы;
                НО: значение_НО);
            биты_заголовка: (
                содержимое_заголовка: array [1.. длина_заголовка] of bit)
        end; {определяет заголовок кадра УДС}
    end;

```

**Переменные передачи.** Перечисленные ниже элементы определены для передачи кадра (см. также табл. 3.1).

```
const
```

```

межкадровый_интервал = ...; {минимальный промежуток времени между кадрами}
межкадровый_интервал_часть_1 = ...; {длительность первой части межкадровой
                                     синхронизации. В диапазоне от 0 до 2/3 межкадрового
                                     интервала}
межкадровый_интервал_часть_2 = ...; {длительность остатка межкадровой синхрони-
                                     зации. Равна: межкадровый_интервал — межкадро-
                                     вый_интервал_часть_1}
макс_число_попыток = ...; {максимальное число попыток передачи}
предел_возрастаний_отсрочки = ...; {предельное число возражений отсрочки передачи}
длина_комбинации_НК = ...; {в битах; зависит от типа физической среды метода обна-
                               ружения конфликта}

```

```
var
```

```

исходящий_кадр: кадр_данных; {кадр данных, подлежащий передаче}
исходящий_заголовок: заголовок;
текущий_бит_передачи, последний_бит_передачи: 1.. длина_кадра
{позиции текущего и последнего исходящего битов в исходящем кадре}

```

последний\_бит\_заголовка: 1 .. длина\_заголовка;  
отсрочка: boolean; {предполагается, что любая задержанная передача должна ждать освобождения среды}  
ожидание\_кадра: {boolean; означает, что исходящий кадр задержан}  
попытки: 0 .. макс\_число\_попыток; {число попыток передачи исходящего кадра}  
новый\_конфликт: boolean; {означает, что конфликт обнаружен но еще не продлен комбинацией НК}  
продолжение\_передачи: boolean; {текущий указатель продолжения передачи}

**Переменные приема.** Приведенные ниже элементы определены для приема кадров (см. также табл. 3.1).

var

входящий\_кадр: кадр\_данных; {принимаемый кадр данных}  
текущий\_бит\_приема: 1 .. длина\_кадра; {позиция текущего бита во входящем кадре}  
прием: boolean; {означает, что происходит прием кадра}  
избыточные\_биты: 0 .. 7; {счет дополнительных концевых битов, выходящих за границы октета}  
продолжение\_приема: boolean; {текущий указатель продолжения приема}  
правильная\_длина: boolean; {указатель наличия или отсутствия ошибки длины принятого кадра}

**Характеристики межуровневых интерфейсов.** Интерфейс с подуровнем УЛЗ характеризуется следующим:

type

состояние\_передачи = (передача\_XOR, чрезмерные\_ошибки\_конфликта); {результат операции передача\_кадра}  
состояние\_приема = (прием\_XOR, ошибка\_длины, ошибка\_КПК, некрatность\_октету); {результат операции прием\_кадра}

function передача\_кадра (

    парам\_получателя: значение\_адреса;  
    парам\_отправителя: значение\_адреса;  
    парам\_длины: значение\_длины;  
    парам\_данных: значение\_данных): состояние\_передачи; {передает один кадр}

function прием\_кадра (

    var парам\_получателя: значение\_адреса;  
    var парам\_отправителя: значение\_адреса;  
    var парам\_длины: значение\_длины;  
    var парам\_данных: значение\_данных): состояние\_приема; {принимает один кадр}

Интерфейс с физическим уровнем характеризуется следующим:

var

    опознавание\_несущей: boolean; {указывает входящие биты}  
    передается: boolean; {указывает исходящие биты}  
    передавалось: boolean; {указывает либо продолжение передачи, либо ее завершение}  
    обнаружение\_конфликта: boolean; {указывает наличие соперничества в среде}  
procedure передача\_бита (парам\_бит: бит); {передает один бит}

```
function прием_бита: бит; {принимает один бит}
procedure ожидание (битовые_интервалы: integer);{ожидает указанного числа битовых
интервалов}
```

**Инициация переменных.** Процедура инициации должна выполняться в начале работы УДС до выполнения каких-либо процессов. Эта процедура устанавливает основные переменные общего пользования в исходные значения. (Все остальные переменные общего пользования при необходимости инициализируются непосредственно перед их использованием.) После этого процедура ожидает освобождения физической среды и запускает различные процессы.

```
procedure инициация;
begin
    кадр_ожидает := false
    задерживается := false
    новый_конфликт := false
    передается := false; {в интерфейс с физическим уровнем см. ниже}
    принимается := false
    while опознавание_несущей do холостое;
    начать_выполнение_всех_процессов
end; {инициация}
```

**Общие процедуры.** В приводимых алгоритмах используются две общие процедуры: вычисление КПК и холостое действие.

Функция КПК32 определена с целью генерации 32-битной КПК

```
function КПК32 (к: кадр_данных): значение_КПК;
begin
    КПК32 := 32-битная_КПК
end; КПК32
```

Для повышения надежности алгоритма определена процедура "холостое действие (холостое)"

```
procedure холостое; begin end;
```

Нерабочее состояние процесса (при ожидании некоторого события) реализуется как повторяющийся вызов этой процедуры.

### 3.3.3. Передача кадра данных

Функция передача\_кадра реализует операцию передачи кадра данных подуровню УЛЗ

```
function передача_кадра (
    парам_получателя: значение_адреса;
    парам_отправителя: значение_адреса;
    парам_длины: значение_длины;
    парам_данных: значение_данных): состояние_передачи;
    procedure комп_передаваемых_данных; . . . {гнездовая процедура; см.ниже
    тело_процедуры}
begin
    комп_передаваемых_данных;
    передача_кадра:= дисп_звена_передачи
end; {передача_кадра}
```

Сначала функция передача\_кадра вызывает внутреннюю процедуру комп\_передаваемых\_данных для конструирования кадра данных. Затем вызывается дисп\_звена\_передачи для выполнения передачи. Возвращенное состояние\_передачи сообщает об успешном или без-успешном выполнении попытки передачи.

Процедура комп\_передаваемых\_данных формирует кадр и помещает 32-битную КПК в поле КПК:

```
procedure комп_передаваемых_данных;
. begin
    with исходящий_кадр do
    begin {сборка кадра}
        вид:= поля;
        поле_получателя:= парам_получателя;
        поле_отправителя:= парам_отправителя;
        поле_длины:= парам_длины;
        поле_данных:= вычисление_ЗАП (парам_длины, парам_данных);
        поле_КПК:= КПК32 (исходящий_кадр);
        вид:= биты
    end {сборка кадра}
    with исходящий_заголовок do
    begin
        вид_заголовка:= поле_заголовка;
        преамбула:= ...; {*'1010 ... 10', от бита младшей значимости (БМЗ) до бита старшей
                               значимости (БСЗ*)}
        НО:= ...; {*'10101011', от БМЗ до БСЗ*}
        вид_заголовка:= биты_заголовка
    end
end; {комп_передаваемых_данных}
```

Функция вычисление\_ЗАП присоединяет массив произвольных бит к полю\_данных\_УЛЗ для дополнения кадра до минимально приемлемой длины.

```
function вычисление_ЗАП (
    var парам_длины: значение_длины;
    var парам_данных: значение_данных): значение_данных;
begin
    вычисление_ЗАП := {добавление массива произвольных бит, равного длине_ЗАП к
                        полю_данных_УЛЗ}
end; {вычисление_ЗАП}
```

Функция дисп\_звена\_передачи пытается передать кадр данных, предварительно задерживая его до окончания проходящих данных. При появлении конфликта передача заканчивается и осуществляются повторные передачи по расписанию экспоненциального алгоритма отсрочки.

```
function дисп_звена_передачи: состояние_передачи;
begin
    попытки:= 0; продолжение_передачи:= false;
    while (число_попыток < предел_попыток) and (не продолжение_передачи) do
    begin {цикл}
```

```

if попытки > 0 then алгоритм_отсрочки;
кадр_ожидает:= true;
while задержка до холостое; {отсрочка передачи кадра при необходимости}
кадр_ожидает:= false;
начало_передачи;
while передается до контроль_конфликта;
попытки:= попытки + 1
end; {цикл}
if продолжение_передачи then дисп_звена_передачи:= передача_XOR
else дисп_звена_передачи:= чрезмерные_ошибки_конфликта .
end; {дисп_звена_передачи}

```

При каждой инициации попытки передачи кадра вызывается процедура начало\_передачи для отслеживания процесса передатчик\_бит, который должен начать передачу бит.

```

procedure начало_передачи;
begin
    текущий_передаваемый_бит:= 1;
    последний_передаваемый_бит:= длина_кадра;
    продолжение_передачи:= true;
    передается:= true;
    последний_бит_заголовка:= длина_заголовка
end; {начало передачи}

```

Как только начинается передача кадра, функция дисп\_звена\_передачи начинает следить за появлением соперничества в физической среде, периодически вызывая процедуру контроль\_конфликта.

```

procedure контроль_конфликта;
begin
    if продолжение_передачи and обнаружен_конфликт then
    begin
        новый_конфликт:= true;
        продолжение_передачи:= false
    end
end; {контроль_конфликта}

```

При обнаружении конфликта процедура контроль\_конфликта вводит новый\_конфликт, чтобы процесс передатчик\_бит мог обеспечить надлежащую комбинацию НК.

Если после завершения передачи комбинации НК функция дисп\_звена\_передачи определяет необходимость следующей попытки передачи, она вызывает процедуру возрастание\_отсрочки.

```

var макс_отсрочка: 2 .. 1024; {переменная процедуры возрастание_отсрочки}
procedure возрастание_отсрочки;
begin
    if попытки = 1 then макс_отсрочка:= 2
    else if попытки ≤ предел_отсрочки
    then макс_отсрочка:= макс_отсрочка*2;
        ждать (интервал_усечения_кадра*случайное_число (0, макс_отсрочка))
    end; {возрастание_отсрочки}

```

```
function случайное_число (минимум, максимум:integer): integer;
```

```
begin
```

```
    случайное_число := . . . {равномерное распределенное случайное целое число r, удовлет-  
                               воряющее условию  $\text{минимум} \leq r < \text{максимум}$ }
```

```
end; {случайное_число}
```

Процедура возрастание\_отсрочки выполняет усеченный экспоненциальный алгоритм, после чего ожидает в течение вычисленного периода времени.

Процесс "задержка" выполняется асинхронно для непрерывного вычисления необходимого значения переменной задержки.

```
process задержка
```

```
begin
```

```
    cycle {основной цикл}
```

```
        while not опознавание_несущей до холостое;
```

```
        {контроль за появлением несущей }
```

```
        задерживает:= true; {начало задержки новой передачи}
```

```
        передавалось := передается;
```

```
        while опознавание_несущей or передается then
```

```
            передавалось := передавалось or передается;
```

```
        if передавалось do
```

```
            begin
```

```
                начало_задержки_реал_времени; {тайм-аут первой части межкадрового  
                                                  интервала}
```

```
                while задержка_реал_времени (межкадровый_интервал_часть_1) до холостое
```

```
            end
```

```
        else
```

```
            begin
```

```
                начало_задержки_реал_времени;
```

```
                repeat
```

```
                    while опознавание_несущей до начало_задержки_реал_времени
```

```
                    until not задержка_реал_времени (межкадровый_интервал_часть_1)
```

```
                end
```

```
                начало_задержки_реал_времени; {тайм-аут второй части межкадрового интер-  
                                                  вала}
```

```
                while задержка_реал_времени (межкадровый_интервал_часть_2) до холостое;
```

```
                отсрочка:= false; {разрешить продолжение новой передачи}
```

```
                while кадр_ожидает до холостое; {разрешить ожидание передачи при необходи-  
                                                  мости}
```

```
            end {основной цикл}
```

```
        end; {отсрочка}
```

```
procedure начало_задержки_реал_времени
```

```
begin
```

```
    {сброс таймера реального времени и повторный его запуск }
```

```
end; {начало_задержки_реал_времени}
```

```
function задержка_реал_времени (мкс: real): boolean;
```

```
begin
```

```

    {возврат значения true, если заданное число мкс не истекло с момента последнего
    привлечения начала_задержки_реал_времени, в противном случае возврат значе-
    ния false }

```

```

end; {задержка_реал_времени}

```

Процесс передатчик\_бит выполняется асинхронно, передавая биты со скоростью, определяемой операцией передача\_бит физического уровня

```

process передатчик_бит
begin
    cycle {внешний цикл}
        if передается then
            begin {внутренний цикл}
                комп_физ_сигналов; {передача преамбулы и НО}
                while передается do
                    begin
                        передача бита (исходящий кадр [текущий_передаваемый_бит]); {передача
                        следующего бита физическому уровню}
                        if новый_конфликт then начало_НК else следующий_бит
                    end
                end; {внутренний цикл}
            end; {внешний цикл}
        end; {передатчик_бит}
    procedure комп_физ_сигналов;
    begin
        while текущий_передаваемый_бит {<} последний_бит_заголовка do
            begin
                передаваемый_бит (исходящий_заголовок [текущий_передаваемый_бит]);
                {побитная передача заголовка}
                текущий_передаваемый_бит := текущий_передаваемый_бит + 1;
            end
            if новый_конфликт then начало_НК else
                текущий_передаваемый_бит := 1
        end; {комп_физ_сигналов}
    procedure следующий_бит
    begin
        текущий_передаваемый_бит := текущий_передаваемый_бит + 1;
        передается := (текущий_передаваемый_бит {<} последний_передаваемый_бит)
    end; следующий_бит
    procedure начало_НК;
    begin
        текущий_передаваемый_бит := 1;
        последний_передаваемый_бит := длина_НК;
        новый_конфликт := false
    end; {начало_НК}

```

При обнаружении нового конфликта процесс передатчик\_бит немедленно усиливает его, вызывая процесс начало\_НК с целью инициации передачи комбинации НК.



### 3.3.4. Прием кадра данных

Процедура прием\_кадра выполняет операцию приема кадров для подуровня УЛЗ:

```
function прием_кадра (  
    var парам_получателя: значение_адреса;  
    var парам_отправителя: значение_адреса;  
    var парам_длины: значение_длины;  
    var парам_данных: значение_данных):  
function состояние_приема; раскомп_принятых_данных; состояние_приема; . . . {гнездо-  
    вая функция; см. ниже тело программы}  
  
begin  
    repeat  
        дисп_звена_приема;  
        прием_кадра := раскомп_принятых_данных;  
    until продолжение_приема  
end; {прием_кадра}
```

Функция прием\_кадра вызывает процедуру дисп\_звена\_приема для приема следующего действительного кадра, затем вызывает внутреннюю процедуру раскомп\_принятых\_данных для передачи полей кадра подуровню УЛЗ. Возвращенное состояние\_приема указывает на наличие или отсутствие ошибок в кадре.

```
function раскомп_принятых_данных: состояние_приема;  
begin  
    продолжение_приема := распознавание_адреса (входящий_кадр, поле_получателя);  
    if продолжение_приема then with входящий_кадр do  
        begin {разборка кадра}  
            вид := поля;  
            парам_получателя := поле_получателя;  
            парам_отправителя := поле_отправителя;  
            парам_длины := поле_длины;  
            парам_данных := удаление_ЗАП (поле_длины, поле_данных);  
            if поле_КПК = КПК32 (входящий_кадр) then  
                begin  
                    if правильная_длина then раскомп_принятых_данных := принят_ХОР  
                    else раскомп_принятых_данных := ошибка_длины  
                end  
            else  
                begin  
                    if избыточные_биты = 0 then раскомп_принятых_данных := ошибка_КПК  
                    else раскомп_принятых_данных := ошибка_октетности;  
                end  
            вид := биты  
        end {разборка кадра}  
    end; {раскомп_принятых_данных}  
function распознавание_адреса (адрес: значение_адреса): boolean  
begin
```

```
распознавание_адреса:= . . . {возвращает true для набора физических, глобальных и
групповых адресов, соответствующих этой станции }
```

```
end; {распознавание_адреса}
```

```
function удаление_ЗАП (
```

```
    var параметр_длины: значение_длины
```

```
    var параметр_данных: значение_данных): значение_данных;
```

```
begin
```

```
    правильная_длина := {проверка на соответствие значения параметр_длины принятой
длительности_УЛЗ}
```

```
    if правильная_длина then
```

```
        удаление_ЗАП := {усечение параметр_данные (при его наличии) до значения па-
раметр_длины (в октетах) и возврат результата}
```

```
    else удаление_ЗАП := параметр_данных
```

```
end; {удаление_ЗАП}
```

Процедура дисп\_звена\_приема пытается периодически принимать биты кадра, аннулируя любые образовавшиеся в результате конфликта фрагменты кадра их сравнением с минимально допустимой длиной кадра:

```
procedure дисп_звена_приема;
```

```
begin
```

```
    repeat
```

```
        начало_приема;
```

```
        while принимается до холостое; {ожидает окончания поступления бит кадра}
```

```
        избыточные_биты := длительность_кадра, мод. 8;
```

```
        длительность_кадра := длительность_кадра — избыточные_биты; {усечение до границ октета}
```

```
        продолжение_приема := длительность_кадра ≥ мин_длительность_кадра;
```

```
        {аннулирование фрагментов кадра}
```

```
    until продолжение_приема
```

```
end; {дисп_звена_приема}
```

```
procedure начало_приема
```

```
begin
```

```
    текущий_принимаемый_бит := 1;
```

```
    принимается := true
```

```
end; {начало_приема}
```

Процесс приемник\_бит действует асинхронно, принимая биты из физической среды со скоростью, определяемой операцией физического уровня прием\_бит

```
procedure приемник_бит;
```

```
    var б: бит;
```

```
begin
```

```
    cycle {внешний цикл}
```

```
        while принимается до
```

```
        begin {внутренний цикл}
```

```
            if текущий_принимаемый_бит = 1 then
```

```
                раскомп_физ_сигналов; {обработка полей преамбулы и НО}
```

```
                б := прием_бита; {получение следующего бита из физического уровня}
```

```

if опознавание_несущей then
begin {добавление бит к кадру}
    входящий_кадр [текущий_принимаемый_бит]: = б;
    текущий_принимаемый_бит: = текущий_принимаемый_бит + 1
end; {добавление бита к кадру}
принимается: = опознавание_несущей
end {внутренний цикл}
длина_кадра: = текущий_принимаемый_бит - 1
end {внешний шлейф}
end; {приемник бит}
procedure раскомпл_физ_сигналов;
begin
    {принимает по одному биту из физической среды до обнаружения правильного НО,
    аннулирует биты и сбрасывается}
end; {раскомпл_физ_сигналов}

```

### 3.3.5. Формализованное описание услуг

Интерфейс между УДС и УЛЗ содержит две функции: передача\_кадра и прием\_кадра. Параметрами каждой из этих функций (вход или выход) являются компоненты кадра УЛЗ. (Заметим, что параметр "класс обслуживания" в УДС ЛВС ШСД не используется.) Операции передачи и приема кадра являются синхронными; они продолжаются до тех пор, пока не будут закончены передача и прием полного кадра.

Подуровень УЛЗ передает кадр путем привлечения функции передача\_кадра

```

function передача_кадра (
    парам_получателя: значение_адреса;
    парам_отправителя: значение_адреса;
    парам_длины: значение_длины;
    парам_данных: значение_данных): состояние_передачи;

```

При завершении операции передача\_кадра в УЛЗ передается код состояния, указывающий на успешность или безуспешность ее выполнения

```

type состояние_передачи = (передача_ХОР, чрезмерные_ошибки_конфликта);

```

Подуровень УЛЗ принимает поступающие кадры, привлекая функцию прием\_кадра.

```

function прием_кадра (
    var парам_получателя: значение_адреса;
    var парам_отправителя: значение_адреса;
    var парам_длины: значение_длины;
    var парам_данных: значение_данных): состояние_приема;

```

Поля принятого кадра данных доставляются в выходных параметрах вместе с кодом состояния

```

type состояние_приема = (прием_ХОР, ошибка_длины, ошибка_КПК, некрatность_октету).

```

## 3.4. УСЛУГИ И ПРОТОКОЛ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ

### 3.4.1. Основные положения

Подуровни ПФС и ИМС в совокупности образуют интерфейс между подуровнями УДС и МДС, который обеспечивает следующие функциональные возможности:

- допускает одну или несколько специфицированных скоростей передачи;

- обеспечивает передачу данных по кабелю длиной до 50 м;

- позволяет ООД тестировать ИМС, кабель ИМС, МСС и саму среду;

- обеспечивает поддержку различных МСС для коаксиального кабеля основной полосы частот, широкополосного и волоконно-оптического кабелей и независимость ПФС, УДС и УЛЗ от различий в типах физической среды.

Набор функций ПФС состоит из иницирующей функции сброса и идентификации и пяти одновременно и асинхронно выполняемых функций: режим, вывод, ввод, обнаружение ошибок и опознавание несущей.

Функция "сброс и идентификация" выполняется каждый раз при включении питания станции и приеме от диспетчера сообщения ЗАПРОС\_СБРОСА (см. 3.4.2). Помимо инициации остальных функций она определяет возможность подключения МСС к ИМС. Последние, как и вся идентификационная часть функции, являются факультативной возможностью.

Функция "режим" обеспечивает работу МСС в двух режимах: нормальном (обязательном) и мониторингом (факультативном). В нормальном режиме ИМС логически подключен к ИЗС и ООД работает в соответствии с алгоритмом доступа к среде, осуществляя прием данных из физической среды и передачу в нее данных, поступающих из ООД. В мониторинговом режиме, так же как и в нормальном, МСС передает в ООД поступающие из физической среды данные и следит за качеством сигналов. Однако здесь передатчик МСС отключен от физической среды с целью предотвращения влияния МСС данной станции на передачи других станций, включая влияние любых неисправностей управляющей части передатчика. Мониторный режим ориентирован на его использование только диспетчером сети с целью изоляции неисправностей и верификации операций сети.

Функция "вывод" подготавливает данные для вывода в физическую среду и обеспечивает передачу данных из УДС в МСС. При завершении этой функции и отсутствии конфликта выполняется операция проверки механизма УСС по определению качества сигналов и проверки способности ИМС передавать в ПФС сообщение об ошибках качества сигналов.

Функция "ввод" обеспечивает передачу сигналов данных из МСС в УДС.

Функция "обнаружение ошибки" информирует УДС о состоянии сигнала при изменении поступающей из МСС информации о качестве сигналов.

Функция "опознавание несущей" передает в УДС информацию о состоянии несущей при изменении этого состояния.

Каждое из двух направлений передачи ИМС обслуживается двумя сигнальными цепями "данные" и "управление". Кроме этих цепей ИМС содержит две цепи питания и цепь заземления. Перечень цепей ИМС, их обозначения и направления передачи приведены в табл. 3.2.

Каждая сигнальная цепь представляет собой дифференциальную сбалансированную схему, состоящую из двух отдельных цепей А и В. Сигналы, передаваемые по цепи В, являются инверсией сигналов, передаваемых по соответствующей цепи А. Номинальные битовые скорости передачи сигналов по всем цепям одинаковы. Каждая из сигнальных цепей, используя специальное кодирование сигналов, обеспечивает независимую самосинхронизацию, что

Цепи интерфейса с модулем сопряжения (ИМС)

Обозначение	Цепь	Направление передачи сигналов	Передаваемая информация
	Наименование		
D0	Вывод данных	От ПФС к МСС	Кодированные данные
D1	Ввод данных	От МСС к ПФС	То же
С0*	Вывод управляющих сигналов	От ПФС к МСС	Кодированные сигналы управления
С1	Ввод управляющих сигналов	От МСС к ПФС	То же
VP	Положительное напряжение	От ПФС к МСС	12 В
V c	Общее напряжение	От ПФС к МСС	Обратный провод для VP
PG	Защитная земля	От ПФС к МСС	Экран
* Факультативная (необязательная) цепь.			

исключает необходимость отдельных цепей для передачи синхросигналов. Для этой цели ИМС использует два механизма кодирования сигналов: один для сигналов данных, другой для сигналов управления.

Для передачи по ИМС сигналов данных используется псевдслучайный манчестерский код. Каждый битовый элемент сигнала разделяется пополам, при этом первая половина представляется логической инверсией двоичного значения кодируемого бита, а вторая половина — двоичной инверсией первой половины сигнала. В частности, при передаче бита данных 1 (обозначаемого CD1) первая половина битового элемента представляется низким уровнем сигнала (обозначается L0), вторая половина — высоким уровнем сигнала (H1). Бит данных 0 (CD0) представляется обратной последовательностью уровней: H1, L0. Пример манчестерского кодирования сигналов данных приведен на рис. 3.4.

Состояние отсутствия сигналов данных в цепи ("пусто", IDL), также кодируется, начиная с уровня H1. Если при этом последний переданный бит данных был 0, в поток данных должен быть введен один дополнительный перепад сигнала. Передатчик должен посылать сигнал IDL в течение по меньшей мере двух битовых интервалов, а приемник должен обнаруживать его наличие в течение 1,6 интервалов.

При кодировании управляющих данных управляющий сигнал 1 (CS1) представляется половиной номинальной битовой скорости BR/2, управляющий сигнал 0 (CD0) — полной битовой скоростью BR. Если ИМС поддерживает несколько битовых скоростей, то в цепях данных используется та скорость, на которую указывают сигналы управления. В цепях управления сигнал IDL используется так же, как и в цепях данных.

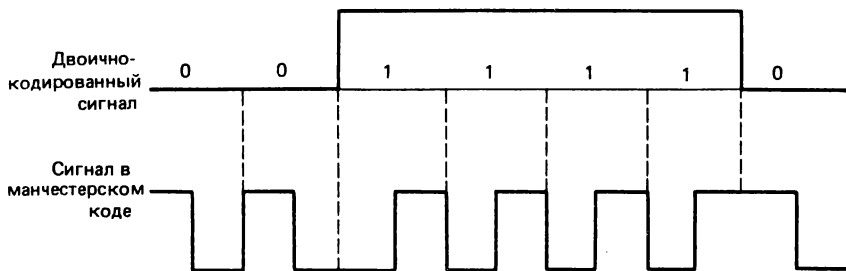


Рис. 3.4. Пример манчестерского кодирования сигналов

Обозначения BR (bit-rate — битовая скорость) и BR/2 имеют здесь особый смысл: BR означает битовую скорость, наибольшую из всех возможных скоростей передачи данных, обеспечиваемых конкретной реализацией рассматриваемого интерфейса; BR/2 означает половинное значение наименьшей битовой скорости, обеспечиваемой конкретной реализацией интерфейса.

### 3.4.2. Услуги физического уровня

Физический уровень предоставляет услуги для УДС и обменивается услугами с диспетчером станции. При предоставлении услуг для УДС физический уровень использует сервисные примитивы двух категорий: примитивы ПФС\_ДАННЫЕ, обеспечивающие взаимодействие УДС различных станций, и примитивы локальной значимости ПФС\_НЕСУЩАЯ и ПФС\_СИГНАЛ, обеспечивающие взаимодействие двух подуровней (ПФС и УДС) одной станции. Услуги физического уровня подуровню УДС в виде перечня привлекаемых примитивов и их параметров приведены в табл. 3.3.

В стандарте МОС 8802-3 процессы, происходящие на интерфейсе между ПФС и УДС, представляются также в виде межуровневого интерфейсного протокола обмена сообщениями. В качестве сообщений используются параметры сервисных примитивов, приведенные в табл. 3.3.

Каждый раз, когда УДС имеет бит для передачи, он посылает в ПФС сообщение ЭЛЕМЕНТ\_ВЫВОДА, в ответ на которое ПФС должен передать сообщение СОСТОЯНИЕ\_ВЫВОДА. До получения этого ответного сообщения УДС не может передавать в ПФС следующее сообщение. При получении из МДС сообщения "ввод" ПФС посылает в УДС сообщение ЭЛЕМЕНТ\_ВВОДА. При обнаружении изменения состояния несущей ПФС передает в УДС сообщение СОСТОЯНИЕ\_НЕСУЩЕЙ. При обнаружении изменения параметров сигнала (по сообщению МДС) ПФС посылает в УДС сообщение СОСТОЯНИЕ\_СИГНАЛА. Перечень сообщений, которыми обмениваются между собой подуровни УДС и ПФС, их значения и условия, при которых они принимают эти значения, приведены в табл. 3.4.

Для представления процессов, проходящих на интерфейсе между физическим уровнем и подуровнем УДС, на языке Паскаль они рассматриваются как совокупность одной функции "прием бита", двух процедур: "передача\_бита" и "ожидание" и трех булевских переменных: "обнаружение\_конфликта", "опознавание\_несущей" и "передается".

В процессе передачи кадра данных его содержимое выдается подуровнем УДС физическому уровню последовательно по битам путем повторяющегося использования операции передачи\_бита

procedure передача\_бита (парам\_бит: бит);

Услуги физического уровня подуровню УДС в ЛВС МСД

Наименование примитива	Параметры	Назначение	Действия при приеме примитива
ПФС_ДАННЫЕ.запрос	Элемент вывода (значения: 0, 1 конец данных)	Выдача данных из УДС в ПФС той же станции для их передачи к УДС удаленной станции	ПФС кодирует полученные данные и передает один бит или прекращает передачу
ПФС_ДАННЫЕ.индикация	Элемент вывода (значения: 0, 1)	Выдача из ПФС в УДС той же станции данных, принятых из УДС удаленной станции	Не определены в существующих редакциях стандартов
ПФС_НЕСУЩАЯ.индикация	Состояние несущей (значение: включено, выключено)	Выдача из ПФС в УДС информации об активности физической среды	Не определены в существующих редакциях стандартов
ПФС_СИГНАЛ.индикация	Состояние сигнала (значения, ошибка, нет ошибок)	Выдача из ПФС в УДС информации о качестве сигналов	Не определены в существующих редакциях стандартов

О событии передачи данных физическому уровню сообщается посредством булевой переменной "передается"

var передается: boolean;

Перед передачей первого бита кадра подуровень УДС устанавливает эту переменную в значение "истинно", а после передачи последнего бита кадра – в значение "ложно".

О наличии конфликта в физической среде подуровню УДС сообщается посредством переменной обнаружение\_конфликта.

var обнаружение\_конфликта: boolean;

Эта переменная имеет значение "истинно" только при передаче кадра и только в течение конфликта.

Прием кадра данных подуровнем УДС из физического уровня осуществляется путем повторяющегося использования функции прием\_бит

function прием\_бит: бит;

При каждом привлечении этой функции УДС получает один бит следующего кадра. Получив очередной бит, УДС должен немедленно запросить следующий. Эта операция продолжается до тех пор, пока не будут приняты все биты кадра.

Сообщения, передаваемые между подуровнями УДС и ПФС

Сообщение	Принимаемые значения	Условия выдачи сообщения
ЭЛЕМЕНТ_ВЫВОДА	ЕДИНИЦА	ПФС должен передать в МСС сигнал CD1
	НОЛЬ	ПФС должен передать в МСС сигнал CD0
	КОНЕЦ_ДАННЫХ	ПФС должен передать в МСС сигнал IDL
СОСТОЯНИЕ_ВЫВОДА	СЛЕДУЮЩИЙ_ВЫВОД	ПФС готов принять следующее сообщение ЭЛЕМЕНТ_ВЫВОДА
	ПРЕРЫВАНИЕ_ВЫВОДА	ПФС не может обработать полученное сообщение
ЭЛЕМЕНТ_ВВОДА	ЕДИНИЦА	ПФС получил из МСС сигнал CD1
	НОЛЬ	ПФС получил из МСС сигнал CD0
СОСТОЯНИЕ_НЕСУЩЕЙ	НЕСУЩАЯ_ВКЛ.	ПФС получил из МСС сообщение "ввод" или "ошибка_качества_сигнала", а предыдущее СОСТОЯНИЕ_НЕСУЩЕЙ имело значение НЕСУЩАЯ_ВЫКЛ
	НЕСУЩАЯ_ВЫКЛ	ПФС получил из МСС сообщение "ввод_пусто" или "нет_ошибки_качества_сигнала", а предыдущее СОСТОЯНИЕ_НЕСУЩЕЙ имело значение_НЕСУЩАЯ_ВКЛ
СОСТОЯНИЕ_СИГНАЛА	ОШИБКА_СИГНАЛА	ПФС получил из МСС сообщение "ошибка_качества_сигнала" а предыдущее СОСТОЯНИЕ_СИГНАЛА имело значение НЕТ_ОШИБКИ_СИГНАЛА
	НЕТ_ОШИБКИ_СИГНАЛА	ПФС получил из МСС сообщение "нет_ошибки_качества_сигнала", а предыдущее СОСТОЯНИЕ_СИГНАЛА имело значение ОШИБКА_СИГНАЛА

О наступившем событии приема данных физический уровень сообщает подуровню УДС булевой переменной

```
var опознавание_несущей: boolean;
```

Как только физический уровень установит эту переменную в значение "истинно", подуровень УДС должен немедленно начать прием поступающих бит, привлекая функцию прием\_бита. При переходе этой переменной в значение "ложно" подуровень УДС может начать обработку совокупности принятых бит как полного кадра данных.

Подуровень УДС должен также контролировать значение переменной опознавание\_несущей для задержки передачи своих данных на время занятости физической среды.

Физический уровень обеспечивает также процедуру "ожидание"

```
ожидание (битовые_интервалы: integer);
```

Эта процедура ожидает в течение определенного числа битовых интервалов, что позволяет подуровню УДС измерять временные интервалы в единицах битовых интервалов (зависимых от физической среды).



Важной характеристикой физического уровня, которая в неявном виде присутствует на интерфейсе с подуровнем УДС, является задержка кругового обхода. Ее значение определяется максимальным временем прохождения сигналов от одного конца сети к другому, а при наличии конфликта — временем обратного прохождения сигнала. Это время определяется в основном (но не полностью) размерами сети.

Взаимодействие ПФС с диспетчером осуществляется путем обмена следующими сообщениями: ЗАПРОС\_СБРОСА, ОТВЕТ\_СБРОСА, УПРАВЛЕНИЕ\_РЕЖИМОМ и ПРОВЕРКА\_ОКС.

Сообщение ЗАПРОС\_СБРОСА передается из ДИСП и ПФС для сброса всех внутренних логических схем ПФС в исходное состояние и запуска функции "сброс и идентификация". При завершении этой функции ПФС передает в ДИСП сообщение ОТВЕТ\_СБРОСА. Это сообщение принимает значения: ПРОСТАЯ ОПЕРАЦИЯ, ОПЕРАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ или ОПЕРАЦИЯ ПОДСТРОЙКИ в следующих ситуациях: МСС совместим с ООД и не изолирован от физической среды; ООД не поддерживает состояния изоляции даже если функция "изоляция" выполняется МСС; ООД поддерживает состояние изоляции, но не требует подстройки МСС; ООД не поддерживает состояния изоляции, но требует подстройки МСС. Сообщение ОТВЕТ\_СБРОСА принимает значение НЕСОВМЕСТИМОСТЬ, если МСС несовместим с ООД (т. е. МСС требует подстройки, но ООД не обеспечивает ее).

Для управления режимом работы ПФС диспетчер передает ему сообщение УПРАВЛЕНИЕ\_РЕЖИМОМ, которое принимает значение: АКТИВИЗИРОВАТЬ\_ФИЗ (подача питания по цепи VP), ДЕАКТИВИЗИРОВАТЬ\_ФИЗ (снятие питания с цепи VP), УСТАНОВИТЬ\_МОНИТОРНЫЙ\_РЕЖИМ (изоляция МСС), СБРОСИТЬ\_МОНИТОРНЫЙ\_РЕЖИМ (установка нормального режима).

При завершении каждой проверки ошибки\_качества\_сигнала ПФС передает в ДИСП сообщение ПРОВЕРКА\_ОКС, которое принимает значение ПРОВЕРКА\_ОКС\_ОШИБКА, если проверка дала отрицательный результат и значение ПРОВЕРКА\_ОКС\_ХОР в обратном случае.

### 3.4.3. Протокол физического уровня

Кадр данных, передаваемых по ИМС, должен иметь следующие поля: молчание, преамбула, начальный ограничитель (НО), данные, конечный ограничитель (КО), молчание.

Поле "молчание" обеспечивает окно наблюдения, в течение которого не происходит передачи данных и переходов уровней сигнала. Длина этого поля не определена стандартом. Минимальное ее значение определяется процедурой доступа.

Назначение и размеры остальных полей кадра физического уровня те же, что и кадра УДС (см. рис. 3.2). Поле "преамбула" представляется чередующимися сигналами CD1 и CD0 и заканчивается сигналом CD0. Его длительность должна быть не менее 56 битовых интервалов. Поле НО передается по физическому уровню комбинацией сигналов CD1 CD0 CD1 CD0 CD0 CD1 CD1. Поле КО указывает окончание передачи и служит для выключения передатчика. Это поле передается сигналом IDL, длительность которого определена в 3.4.1.

Подуровни ПФС и МДС взаимодействуют между собой по цепям ИМС D0, D1, C0 и C1 (см. табл. 3.2), используя сравнительно простой протокол обмена сообщениями. Перечень сообщений, передаваемых из ПФС в МДС, приведен в табл. 3.5.

После передачи сообщения "вывод" функция "вывод" в ИМС продолжается в течение еще одного битового интервала. Следующее сообщение "вывод" не может быть выдано, пока не будет закончена передача битового элемента (см. рис. 3.2) предыдущего сообщения "вывод".

Сообщения, передаваемые из ПФС в МДС

Сообщение	Физическое представление (цепь)	Условия выдачи	Назначение
Вывод	CD0 CD1	ПФС получил из УДС ЭЛЕМЕНТ_ВЫВОДА в значении НОЛЬ ЕДИНИЦА	Вывод информации
Вывод_пустой	IDL	УДС не выдает информацию в ПФС или выдал ЭЛЕМЕНТ_ВЫВОДА в значении ДАННЫЕ_ЗАКОНЧЕНЫ	Отсутствие информации для вывода
Норма	IDL	ПФС получил из функций "сброс и идентификация" сообщение "старт" или из ДИСП сообщение СБРОС_МОНИТОРНОГО РЕЖИМА	Прекращение изоляции МСС
Изоляция	CS0	ПФС получил из ДИСП сообщение УСТ_МОНИТОРНОГО РЕЖИМА	Изоляция МСС
Запрос_мсс*	CS1	МДС передал сообщение мсс_недоступен и УДС передал первый ЭЛЕМЕНТ_ВЫВОДА	Запрос доступности МСС

\* Факультативное сообщение и соответственно цепь.

Когда УДС не находится в состоянии обработки данных, передаваемых через интерфейс УДС – ПФС, ПФС посылает в МДС сообщения "вывод\_пустой". Передача этих сообщений начинается с момента получения из УДС сообщения ДАННЫЕ\_ЗАКОНЧЕНЫ и заканчивается при получении из УДС первого сообщения ЭЛЕМЕНТ\_ВЫВОДА при условии доступности МДС для вывода данных.

После того как ПФС получит из функции "сброс и идентификация" стартовое сообщение или из ДИСП сообщение СБРОС\_МОНИТОРНОГО РЕЖИМА (см. ниже), он посылает в МДС сообщения "норма". Передача этих сообщений осуществляется непрерывно, если только она не будет прервана необходимостью передачи сообщения "запрос\_мсс" с целью вывода данных.

Прерванная передача сообщений "норма" может быть возобновлена при сбросе функции "вывод", а также при получении из ДИСП сообщения УСТ\_МОНИТОРНЫЙ\_РЕЖИМ. В последнем случае ПФС посылает в МДС сообщение "изоляция", получив которое, МДС должен прекратить выдачу данных в физическую среду и заблокировать выход передатчика с тем, чтобы предотвратить его влияние на физическую среду.

Если УДС передает первое сообщение ЭЛЕМЕНТ\_ВЫВОДА, а МДС выдает в ответ мсс\_недоступен, ПФС посылает в МДС сообщение запрос\_мсс и продолжает передачу этих сообщений до тех пор, пока УДС не пошлет в ПФС сообщение ДАННЫЕ\_ЗАКОНЧЕНЫ. Кроме того, сообщение запрос\_мсс выдается функцией "сброс и идентификация", чтобы определить, выполняет ли МСС функцию "изоляция". Перечень сообщений, передаваемых из МДС в ПФС, приведен в табл. 3.6. Сообщение "ввод" выдается МДС при получении им бита из физической среды и его готовности передать этот бит в ООД. При отсутствии у МДС данных для выдачи в ООД он посылает в ПФС сообщение "ввод\_пустой".

Подуровень МДС посылает в ПФС сообщение ОКС при наличии любого из трех условий: наличия в физической среде некачественного сигнала. При этом критерий качества сигнала зависит от типа физической среды (обычно это условие может быть обусловлено неисправностью МДС или повторителя, разрывом или коротким замыканием магистрального кабеля);

Таблица 3.6

Сообщения, передаваемые из МДС в ПФС

Сообщение	Физическое представление (цепь)	Условия выдачи	Назначение
Ввод	CD0 или CD1	МСС принял из физической среды бит данных и готов передать его в ООД	Ввод информации
Ввод_пустой	IDL	МСС не имеет данных для передачи в ООД	Нет информации для вывода
Ошибка_качества_сигнала	CS0	1) Получен некачественный сигнал; 2) конфликт в среде; 3) принято сообщение "вывод_пустой"	1), 2) Указание на ошибку, обнаруженную МСС; 3) ответ на отсутствие вывода
МСС_доступен	IDL	При готовности МСС к выводу данных	МСС доступен для вывода
МСС_недоступен*	CS1	При неготовности МСС к выводу данных	МСС недоступен для вывода

\* Факультативная цепь.

наличия в физической среде конфликта, обусловленного одновременными попытками нескольких станций передавать данные;

завершения выполнения функции "вывод" и приема сообщения "вывод\_пустой".

Сообщение ОКС передается по цепи С1 как сигнал CS0 длительностью не более 9 битовых элементов после обнаружения состояния коллективной передачи и не более 20 битовых элементов после исчезновения этого состояния. После завершения вывода в физическую среду каждого кадра МСС должен выполнить последовательность проверки на наличие ОКС

### 3.4.4. Характеристики ИМС

В общем случае весь физический уровень размещается в двух местах: ООД и МСС, хотя в некоторых системах МСС может быть конструктивной частью ООД, что исключает необходимость подуровня ИМС. Каждая цепь ИМС имеет задающий генератор и приемник сигналов, которые могут быть размещены либо в ООД, либо в МСС.

Генератор сигналов обеспечивает выдачу сигналов в 78-омный интерфейсный кабель. Основные параметры генератора приведены в табл. 3.7. После входа генератора в холостой режим работы (сигнал IDL) он должен поддерживать указанные в таблице значения выходного напряжения (+40 мВ) и тока (4 мА) в течение 80 битовых интервалов.

Приемник является окончанием интерфейсного кабеля и должен функционировать нормально в определенных диапазонах постоянного и переменного напряжений. Основные параметры приемника сигналов приведены в табл. 3.8.

Когда в приемную интерфейсную цепь соединителя приемного оборудования поступает дифференциальный входной сигнал, а напряжение в проводе А имеет

Таблица 3.7

Параметры генератора сигналов

Параметр	Значение
Индуктивная нагрузка генератора сигналов, мГн	
размещенного в ООД	$27 \pm 1\%$
размещенного в МСС	$50 \pm 1\%$
Резистивная нагрузка генератора сигналов, Ом	$73 \pm 1\%$ или $83 \pm 1\%$
Дифференциальное выходное напряжение генератора в холостом режиме, мВ	$\pm 40$
Ток генератора при испытательной нагрузке 73 или 85 Ом, мА, не более	4
Пиковое значение выходного напряжения генератора, измеренное в средней точке испытательной нагрузки 39 Ом $\pm 1\%$ , не более	
постоянная составляющая, В	5,5
переменная составляющая, мВ	40
Пиковое значение дифференциального выходного напряжения при разомкнутой цепи, В, не более	13

Параметры приемника сигналов ИМС

Параметр	Значение параметра при размещении приемника	
	в МСС	в ООД
Дифференциальный входной импеданс по переменному току, измеренный на частоте 10 МГц, Ом	$77,83 \pm 6\%$	$77,95 \pm 6\%$
Эквивалентная комбинированная индуктивно-резистивная нагрузка		
индуктивная, мГн, более	27	50
резистивная, Ом	$78 \pm 6\%$	$78 \pm 6\%$
Ток на любом входе при любых допустимых неисправностях, мА, не более	3	3

положительное значение 160 мВ относительно провода Б, то интерфейсная цепь должна находиться в состоянии Н1; если же напряжение в проводе А имеет отрицательное значение 160 мВ относительно провода Б, интерфейсная цепь должна находиться в состоянии L0.

Интерфейсный кабель ИМС образован на основе симметричного многопарного кабеля с общим экраном. Экраны отдельных пар изолированы от общего экрана, но не обязательно друг от друга. С целью устранения перекрестных влияний для цепей данных и управления рекомендуется использовать отдельные экранированные пары. Пара проводов питающих напряжений (положительного и отрицательного) должна быть смонтирована таким образом, чтобы номинальное сопротивление каждого провода не превышало 1,75 Ом.

Дифференциальный характеристический импеданс для всех пар должен находиться в пределах 3 Ом, а при измерении на частоте BR · равняться  $(78 \pm 5)$  Ом. В дифференциальном режиме передачи импеданс для всех пар должен быть, по меньшей мере, на 20 дБ ниже импеданса в общем режиме передачи.

Общий уровень затухания в кабеле между генератором и приемником сигналов отдельной станции не должен превышать 3 дБ для каждой пары сигналов в частотном диапазоне от BR/2 до BR. Краевое дрожание сигналов на приемном конце кабеля не должно превышать 1,5 нс при краевом дрожании сигналов на выходе генератора не более 0,5 нс на половине битового элемента. Общая задержка сигналов между генератором и приемником для каждой пары проводов не должна превышать 275 нс.

## 3.5. СПЕЦИФИКАЦИЯ МСС И ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

### 3.5.1. Системы 10BASE5 и 10BASE2

При работе в системах 10BASE5 и 10BASE2 подуровень МСС обеспечивает следующие возможности:

подключает ПФС через ИМС к системе передачи на основе коаксиального кабеля в основной полосе частот;

обеспечивает физический интерфейс с ООД, независимый от различий в реализации оборудования и обеспечивающий необходимую совместимость этого оборудования при работе в одной ЛВС;

обеспечивает средства, с помощью которых сигналы, проходящие по четырем отдельным физическим цепям ИМС, и соответствующие междуровневые сообщения передаются по одному магистральному кабелю. Основные функциональные и электрические характеристики МСС систем 10BASE5 и 10BASE2 приведены в табл. 3.9.

Для реализации перечисленных выше возможностей МСС выполняет пять основных функций: передачу, прием, обнаружение конфликтов, мониторинг режим (отсутствует в 10BASE2) и прерывание.

Функция передачи обеспечивает последовательную побитную передачу данных от логического объекта локальной станции к одному или нескольким логическим объектам удаленной(ых) станции(й). В начале передачи кадра два первых бита (два полных битовых элемента), принятых по цепи DO, МСС может не передавать в физическую среду. Третий бит допускается выдавать в физическую среду с нарушением фазы и качества сигнала. Однако четвертый и все последующие биты должны передаваться с правильными параметрами сигналов. Длительность установившейся задержки прохождения сигнала от входа приемника цепи DO до выхода магистрального кабеля не должна превышать половины длительности битового элемента.

Таблица 3.9

**Функциональные и электрические характеристики МСС  
систем 10BASE5 и 10BASE2**

Параметр	Значение в системе	
	10BASE5	10BASE2
Обеспечиваемая скорость передачи по физической среде, Мбит/с	10	10
Дальность передачи по кабелю без повторителей (длина сегмента), м	500	185
Максимальное число станций, подключаемых к одному сегменту	100	30
Ток в кабеле, выдаваемый одним МСС, мА		
постоянная составляющая		— ( 37 . . . 45)
переменная составляющая	+ 28 . . .	постоянная составляющая
Ток, потребляемый МСС со стороны ИМС, А, не более	0,5	0,5
Средняя частота ошибок (по битам) в данных, выдаваемых в УДС	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>
Наработка МСС на отказ, ч, не менее	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>

При переходе из цепи DO интерфейсного кабеля в магистральный сигналы не должны подвергаться никаким логическим преобразованиям. Положительный сигнал из провода А цепи DO представляется в магистральном кабеле сигналом с более высоким положительным уровнем напряжения.

После завершения передачи кадра и вхождения цепи DO в состояние IDL MCC должен в интервале 0,6...1,6 мкс инициировать состояние "обнаружение конфликта" и поддерживать это состояние в течение длительности  $10 \pm 5$  битовых элементов.

Функция приема обеспечивает последовательный побитный прием сигналов из физической среды и их передачу в ПФС. В начале приема пять первых бит (пять полных битовых элементов), принятых из физической среды, MCC может не выдавать в цепь D1. Для первого выдаваемого в цепь D1 бита допускаются отклонения от фазы и качества сигнала. Однако седьмой и все последующие битовые сигналы передаются только с правильными параметрами. Длительность установившейся задержки передачи сигналов между кабелем и выходом цепи D1 не должна превышать половины длительности битового элемента. При переходе из магистрального кабеля в ответственный сигналы не должны подвергаться никаким логическим преобразованиям. Полоса пропускания цепи приемника не превышает 50 МГц.

Суммарная величина краевого дрожания сигналов, создаваемого сегментом магистрального кабеля и приемником MCC, не превышает 6 нс.

При отсутствии в среде конфликта в цепи C1 должен присутствовать сигнал IDL. При появлении конфликта по цепи C1 передается периодический волновой сигнал CS0 при номинальной битовой скорости BR с допуском  $\pm 15\%$  в системе 10BASE2. Сигнал CS0 передается в течение более 9 битовых интервалов начиная с момента, когда амплитуда сигнала в коаксиальном кабеле станет равной или превысит сумму амплитуд сигналов, вырабатываемых двумя или более одновременно работающими передатчиками. Число передатчиков, при которых MCC генерирует сигнал обнаружения конфликта (т.е. выдает сообщение ОКС), зависит от того, выполняет ли данный MCC функцию передачи, и определяется в соответствии с табл. 3.10.

В системе 10BASE5 функция монитора должна изолировать сеть от влияния вышедших из строя элементов станции. При получении сообщения "изоляция" и переходе MCC в мониторинг режим он в течение 20 мс должен прекратить функцию передачи. Это сообщение не должно, однако, влиять на функции приема и обнаружения конфликтов, чтобы сохранить возможность приема данных из физической среды и их передачу в ООД по цепи C1.

Модуль сопряжения со средой должен обеспечить возможность прерывания

Таблица 3.10

Условия генерации сигнала обнаружения конфликта

Действия ММС	Число передатчиков		
	Менее 2	2	Более 2
Передаёт данные	Нет	Да	Да
Не передаёт данных	Нет	Возможно	Да

слишком длинных потоков данных. С этой целью МСС устанавливает окно передачи в пределах 20...150 мс. Если длина передаваемого кадра не вписывается в это окно, МСС должен прервать выдачу этого кадра в физическую среду. Если МСС не реализует функцию монитора и получает питание от ООД, он может сбросить функцию прерывания длинных потоков данных и обнаружения конфликта при снятии питания и состояний обнаружения ошибок. При наличии собственного источника питания МСС может сбросить эти функции автоматически через 0,5 с  $\pm 50\%$  после окончания функции вывода. Если МСС реализует функцию монитора, он использует эту функцию для сброса функций обнаружения конфликта и прерывания.

Основные электрические характеристики интерфейса между МСС и магистральным кабелем приведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

**Электрические характеристики интерфейса между МСС и магистральным кабелем систем 10BASE5 и 10BASE2**

Параметр	Значение в системе	
	10BASE5	10BASE2
Шунтирующая емкость МСС для кабеля, пФ, не более	2	6
Общая емкостная нагрузка кабеля со стороны МСС и механического соединения, Ф, не более	4	—
Активное сопротивление МСС, шунтирующее кабель, кОм, более	100	100
Диапазон потребляемого МСС тока (со стороны кабеля) при отсутствии передачи, мкА	+2 ... -25	+2 ... -25
Потребляемый МСС ток, мкА	-25	+250
при падении напряжения на центральном проводе во время передачи, В	-7	-10
Пороговые значения обнаружения конфликта, В	-1,492...-1,629	-1,404...-1,581
Сопротивление изоляции между проводами кабеля ИМС и центральным проводом или экраном магистрального кабеля при частотах измерения		
60 Гц, кОм, более	250	250
3 ... 30 МГц, Ом, менее	15	15
Напряжение пробоя изоляции по переменному току, В, не менее	250	500



**Электрические и механические характеристики магистрального  
кабеля систем 10BASE5 и 10BASE2**

Параметр	Значение в системе	
	10BASE5	10BASE2
Среднее значение характеристического импеданса, Ом	50 ± 2	50 ± 2
Затухание в сегменте кабеля, дБ (дБ/км), не более, на частоте, МГц		
10	8,5 (18)	8,5 (18)
5	6 (12)	6 (12)
Требуемая скорость распространения сигналов, с = 300 000 км/ч	0,77	0,65
Тип соединителя	N	T
Импеданс соединителя, Ом	50	50
Диаметр центрального медного провода, мм	2,17 ± 0,013	0,89 ± 0,05
Диаметр экрана, мм		
внутренний	6,15	2,95 ± 0,15
внешний	8,28 ± 0,178	
Внешний диаметр оболочки, мм		
из поливинилхлорида	10,287 ± 0,178	4,9 ± 0,3
из флуорополимера	9,525 ± 0,254	4,8 ± 0,3
Радиус изгиба кабеля, мм, не более	254	500
Суммарное удельное сопротивление центрального провода и экрана при температуре 20°C, мОм/м, не более	10	50
Периодичность маркировки кабеля для обозначения мест подключения МСС, м	2,5 ± 0,05	1

Сигнал в кабеле, выдаваемый одним МСС и измеренный на выходе МСС (до разделения тока на два направления), состоит из составляющей смещения (средний постоянный ток, учитывающий влияние временного искажения) в диапазоне –37...–45 мА и переменного компонента от +28 мА до значения смещения. В режиме передачи МСС не должен снижать ток более чем на –25 мА при падении напряжения на центральном проводнике кабеля до –7 В или меньше. (Отрицательный ток здесь определен как ток, протекающий из центрального проводника кабеля в МСС.) Искажение

Электрические характеристики отводного соединителя

Параметр	Значение
Номинальная емкостная нагрузка на частоте 10 МГц, пФ	2
Сопротивление контакта для соединения с центральным проводником или экраном, МОм	50
Номинальное напряжение, В, не более	600
Сопротивление утечки между экраном и внешними проводами, ГОм	1
Экранирующие характеристики корпуса при 50 МГц, дБ	50
Общая емкость соединителя и соединенных с ним электронных схем, пФ	4

сигнала, свидетельствующее о наличии конфликта в среде, обнаруживается, если напряжение принимаемого сигнала более отрицательно, чем пороговое значение, которое находится в диапазоне от  $-1,492$  В (максимум) до  $-1,629$  В (минимум) при измерении относительно экрана кабеля.

С целью минимизации шунтирующей емкости МСС и сохранения линейных характеристик кабеля рекомендуется размещать МСС не далее 30 м от магистрального кабеля. Характеристики магистрального коаксиального кабеля стандартизованы публикацией МЭК 96-1. Коаксиальный кабель состоит из внутреннего медного проводника, диэлектрика, внешнего проводника и оболочки. Основные электрические и механические параметры кабеля приведены в табл. 3.12.

Периодические колебания импеданса вдоль участка кабеля могут составлять до  $\pm 3$  Ом при синусоидальной форме с периодом колебаний до 2 м. Кабель не должен создавать искажений импульсов, превышающих  $\pm 7$  нс на 500-метровом сегменте.

Каждый 500-метровый сегмент кабеля должен заканчиваться терминаторами, которые согласуют импеданс, равный его характеристическому импедансу, минимизируя этим отражение сигналов от концов кабеля. Станции могут подключаться к кабелю методом его разрыва или прокалывания контактной иглой.

Для подключения терминалов, соединения отдельных участков кабеля между собой, а также для подключения МСС к кабелю методом разрыва используются соединители типа N, стандартизованные МЭК 169/16, и имеющие импеданс  $50 \text{ Ом} \pm 1\%$ , измеренный на частотах 0...20 МГц. Для подключения МСС к кабелю методом его прокалывания используется коаксиальный отводной соединитель, электрические характеристики которого приведены в табл. 3.13.

По длине кабеля через каждые  $(2,5 \pm 0,05)$  м в системе 10BASE5 и не дольше чем через 1 м в системе 10BASE2 должны быть нанесены цветные кольцевые метки для указания мест подключения МСС.

### 3.5.2. Система 10BROAD36

Помимо общих терминов, определения которым даны в 1.1.1 и 3.1.1, в настоящем подпараграфе используются следующие понятия.

Канал (Channel) — полоса частот, выделенная для службы передачи данных по широкополосной среде.

Двоичная модуляция сдвигом частоты (Binary phase shift keying BPSK) — вид модуляции, в которой двоичные данные передаются путем изменения фазы несущей на  $180^\circ$ .

Широкополосная система типа CATV (CATV-type Broadband medium) — система, содержащая такие же типы коаксиальных кабелей, ответвителей, разветвителей, усилителей и соединителей, которые используются в Обществе телевизионных антенн (Community antenna television CATV) или в системах кабельного телевидения.

Распределитель (Head-end) — в широкополосных ЛВС устройство, принимающее сигналы из станции и транслирующие их всем другим станциям сети.

Примечание. Ретрансляция сигналов в распределителе может потребовать сдвига частот.

Групповая задержка (Group delay) — скорость суммарного для всего компонента или системы сдвига фаз относительно конкретной частоты. Отклонение групповой задержки — это максимальные различия групповых задержек частот спектра.

дБмВ (dBmV) — децибелы, отнесенные к напряжению 1,0 мВ на сопротивлении 75 Ом, используемые для определения уровней сигналов.

Проект дополнения МСC 8802-3/ДОНЗ определяет функциональные, электрические и механические характеристики широкополосного МСC и содержит спецификацию широкополосной физической среды ЛВС шинного типа, работающей по методу КДОН/ОК.

Физическая среда системы 10BROAD36 основана либо на одном широкополосном 75-омном телевизионном кабеле (тип CATV) с разделительными усилителями и фильтрами, либо на основе двух таких кабелей с линейными усилителями. Система обеспечивает частотное разделение каналов и возможность одновременной параллельной передачи информации различного назначения. К физической среде относятся также соединители типа F и направленные ответвители.

Конфигурации однокабельной и двухкабельной широкополосной систем показаны на рис. 3.5. Диаметр территории, охватываемой системой, должен быть не менее 2800 м.

Широкополосный МСC принимает данные из подключенного ООД и передает модулированные радиочастотные (РЧ) сигналы данных в полосу данных шириной 14 МГц. Все остальные подключенные к среде МСC принимают и демодулируют эти РЧ сигналы и восстанавливают формат данных ООД. Широкополосный МСC эмулирует МСC основной полосы частот, внося лишь свойственную данной системе задержку между передачей и приемом.

Передающий МСC логически сравнивает принимаемые данные с переданными. Любое обнаруженное различие между этими данными, которое может быть обусловлено искажениями из-за конфликтных передач, приемом более ранней передачи из другого МСC или искажениями в канале связи, рассматривается как конфликт. При обнаружении конфликта МСC прекращает передачу своих данных и начинает передачу сигнала НК в отдельную полосу частот шириной 4 МГц, смежную с полосой данных. Сигнал НК поступает во все остальные МСC и информирует их и соответствующие УДС о наличии в физической среде конфликта. При этом передающий МСC начинает процесс обработки конфликта.

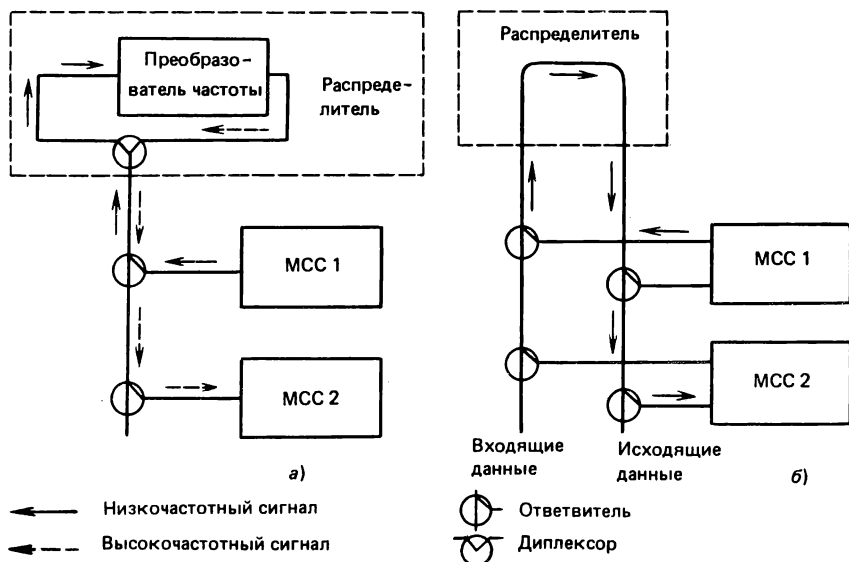


Рис. 3.5. Конфигурации систем на основе широкополосного кабеля:  
 а — однокабельная система; б — двухкабельная система

Необходимость сигнала НК обусловлена тем, что сигналы данных различных МСС поступают из физической среды с различными уровнями. В конфликтной ситуации МСС, принявший РЧ сигнал более высокого уровня, может не обнаружить ошибок в поступающем потоке данных, тогда как МСС, получивший РЧ сигнал низкого уровня, обнаружит различие между принятыми и переданными сигналами данных. Этот МСС и выдаст сигнал НК с целью информирования остальных передающих МСС о наличии конфликта.

Стандарт МСХ 8802-3/ДОПЗ определяет один режим работы системы — нормальный (другие возможные режимы работы — мониторинг и обратной связи — пока не определены стандартом). Модуль сопряжения со средой выполняет четыре основные функции: передачи, приема, обнаружения конфликта и прерывания длинных потоков данных.

Функция передачи обеспечивает следующие возможности:

приема данных, передаваемых в манчестерском коде по цепи D0 из локального ООД в МСС, и их преобразования в код "без возврата к нулю" (БВН);

преобразования кадров данных в пакеты сигналов и их выдачи в РЧ модулятор; при этом до пяти первых поступающих бит могут быть проигнорированы, начиная с первого нулевого бита, передаются 20 чередующихся бит 01 для синхронизации приемника, следующие два бита 01 устанавливаются в значение 0 и образуют ограничитель режима отсутствия скремблирования (ОРОС), который не вводится в поток данных;

скремблирования всех остальных данных (преамбулы, НО и поля данных), представленных в коде БВН, с использованием скремблера типа V.29 МККТТ;

присоединения к последнему биту скремблированных данных нескремблируемого широкополосного окончания ограничителя кадра (ООК), состоящего из одного нулевого бита и 22 следующих за ним единичных бит;

инвертирования всех бит (включая преамбулу и ООК) и передачи сгенерированного пакета в РЧ модулятор в дифференциальном коде;

выработки двоичного РЧ сигнала, модулированного сдвигом частоты с двумя боковыми полосами и подавленной несущей и выдачи этого сигнала в физическую среду.

Функция приема обеспечивает следующие возможности:

приема из физической среды модулированного сдвигом частоты РЧ сигнала в дифференциальном коде;

приема РЧ сигналов полосы данных и отклонений сигналов других полос (отклонения сигналов НК смежной полосы частот не обязательно);

демодуляции и декодирования поступающих из физической среды дифференциально кодированных РЧ сигналов данных и выработки скремблированного потока бит;

дескремблирования поступающего потока бит с использованием самосинхронизирующего дескремблера и его представления в манчестерском коде;

передачи в ООД по цепи D1 локально сгенерированной дополнительной преамбулы, компенсирующей потерянные биты преамбулы ( $\pm 1$  бит); в преамбуле, представленной в цепи D0, на передающей МСС допускается потеря не более 6 бит;

обнаружения ООК и конца кадра и предотвращения выдачи любых избыточных бит в ООД по цепи D1;

приема сигналов полосы УК и всех других полос физической среды;

Функция обнаружения конфликта обеспечивает следующие возможности:

хранения скремблированных бит (до последнего бита адреса отправителя включительно) в передающей секции;

обнаружения ОРОС в передаваемом и принимаемом потоках бит;

побитного сравнения скремблированных данных, принятых после ОРОС со скремблированными данными, переданными после ОРОС;

отсчета тайм-аута приема ОРОС;

ввода состояния "обнаружение локального конфликта" при возникновении одной из следующих ситуаций: отрицательный результат сравнения скремблированных бит; истечение тайм-аута приема ОРОС до получения ОРОС и поступления из ИМС выходного сигнала после получения из физической среды РЧ сигнала;

при входе в состояние "обнаружение локального конфликта" прекращения передачи в полосе данных, инициации передачи в полосе НК до окончания передачи данных из ООД в МСС и выдачи по цепи C1 сообщения ОКС в виде сигналов CSO в течение всего времени наличия в среде РЧ сигналов; передачи таких же сообщений при наличии сигналов в полосе НК;

после каждой передачи проверки наличия конфликта в схемах обнаружения конфликта.

Функция прерывания предотвращает выдачу в интерфейс с физической средой последовательности РЧ сигналов, длительность которых выходит за пределы 20...150 мс. При появлении такой последовательности МСС выдает в цепь C1 сообщение ОКС. Длина передаваемого пакета равна 256 бит с интервалами 25,6 мкс между

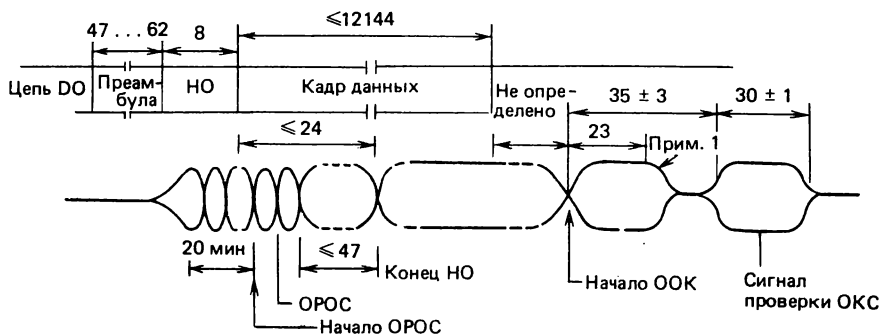


Рис. 3.6. Формат пакета РЧ сигналов, передаваемого в физическую среду

Примечания. 1. Измерено до 90 % уровня огибающей.

2. Все времена измерены, начиная с нулевой фазы сигнала или 50 %-ного уровня огибающей, и представлены в битовых интервалах.

пакетами при 50 %-ной занятости физической среды. Формат передаваемого в физическую среду пакета РЧ сигналов показан на рис. 3.6. При отсутствии конфликта формат пакета, принятого в ИСС, должен быть идентичен формату переданного пакета за исключением, возможно, одного добавочного и шести потерянных бит преамбулы. При наличии конфликта принятые данные не определены, но также представлены в манчестерском коде.

Таблица 3.14

### Основные электрические характеристики МСС системы 10BROAD36

Параметр	Значение
Номинальный входной импеданс приемника и выходной импеданс передатчика, Ом	75
Потери отражения сигналов в полосах данных и НК, дБмВ, не более	14
Уровень принимаемых из физической среды сигналов, дБмВ	
диапазон значений	-4 ... +16
номинальное значение	+6
Суммарное допустимое отклонение групповой задержки сигналов от цепи D0 до интерфейса со средой, нс, при отклонениях несущей, МГц	
± 5	20
± 5,5	32
Выходная мощность сигналов передатчика при выдаче сигналов ОКК и проверке ОКС на нагрузке 75 Ом (51 дБмВ), мВ	1000
Допустимые отклонения выходной мощности передатчика, дБ	± 2
Рассеяние сигналов на интерфейсе со средой при отсутствии передачи, дБмВ, менее	20
Сопротивление изоляции между любым проводом ИМС (включая экран) и любым проводом магистрального кабеля на частоте 60 Гц, кОм, более	250

Электрические характеристики физической среды системы 10BROAD36

Характеристика	Значение
Импеданс, Ом	75
Коэффициент отражения, дБ, не менее	14
Уровень передачи, дБмВ	+50
Уровень приема, дБмВ	+6
Максимально допустимый уровень принимаемых помех на частоте 14 МГц, дБмВ	−30
Потери (без учета распределителя) в полосе 18 МГц, дБ, не более	2
Потери на маршруте между любым приемным и передающим портами, дБ	36...52
Колебания групповой задержки, нс, относительно несущей полосы данных (10 МГц)	20
общей полосы (18 МГц)	34

Основные электрические характеристики МСС системы 10BROAD36 приведены в табл. 3.14.

Передаваемая мощность вне заданной полосы частот должна соответствовать затуханию (в децибелах) или превышать его относительно эталонного уровня (немодулированная несущая эквивалентная уровню передачи "окончания"), измеренного в полосах помех 30 кГц с видеофильтром полосы 300 Гц или ниже. Величина относительного затухания (ОЗ) определяется по формуле  $OZ = \min(63,55 + 30(\text{ИЧ} - \text{ЧБКП})/B)$ , где ИЧ — измеренная частота; ЧБКП — частота ближайшего края полосы;  $B = 18$  МГц — ширина полосы данных плюс полосы НК.

На приемной стороне интерфейса МСС должна быть схема автоматической настройки для подавления помех. Эта схема должна допускать прием сигналов данных и сигналов НК, уровень которых превышает −7 дБмВ, и подавлять сигналы, уровень которых ниже −15 дБмВ. Модуль сопряжения со средой может иметь собственный источник питания или получать питание от ООД через кабель ИСС. Во втором случае ток не должен превышать 0,5 А.

Основные электрические характеристики физической среды системы 10BROAD36 — магистральной системы на основе коаксиального кабеля — приведены в табл. 3.15.

### 3.5.3. Система 1BASE5

В настоящем подразделе используются следующие новые понятия.

Центровик (Hub) — устройство, используемое для взаимосвязи нескольких ООД и выполняющее функции восстановления амплитуды сигналов, синхронизации сигналов, обнаружения конфликтов и оповещения о них, а также распространения сигналов по центровикам нижних уровней и ООД.

Битовый элемент (bit-cell) — временной интервал, используемый для передачи одного символа данных (CDO или CD1) либо символа управления (CVH или CVL).

Битовый интервал (bit-time BT) — длительность передачи одного битового элемента, измеряемая в единицах, обратных битовой скорости ( $1/BR$ ).

Система 1BASE5 ориентирована на обеспечение взаимосвязи между сравнительно низкоскоростными дешевыми устройствами обработки данных типа персональных ЭВМ или простейших рабочих станций с использованием существующих средств телефонной связи.

Основным элементом системы служит центровик, обеспечивающий радиальное подключение многих ООД (количество не регламентируется стандартом) и выполняющий две основные функции: регенерации/ресинхронизации сигналов и обнаружения конфликтов. Система имеет иерархическое каскадное построение: на верхнем уровне расположен главный центровик (ГЦ), на нижних уровнях — промежуточные центрики (ПЦ). Максимально возможное число уровней — пять. Пример трехуровневой системы приведен на рис. 3.7.

Каждый центровик состоит из двух частей: восходящей и нисходящей. Восходящая часть ответственна за координацию передач из ООД и расположенных ниже ПЦ,

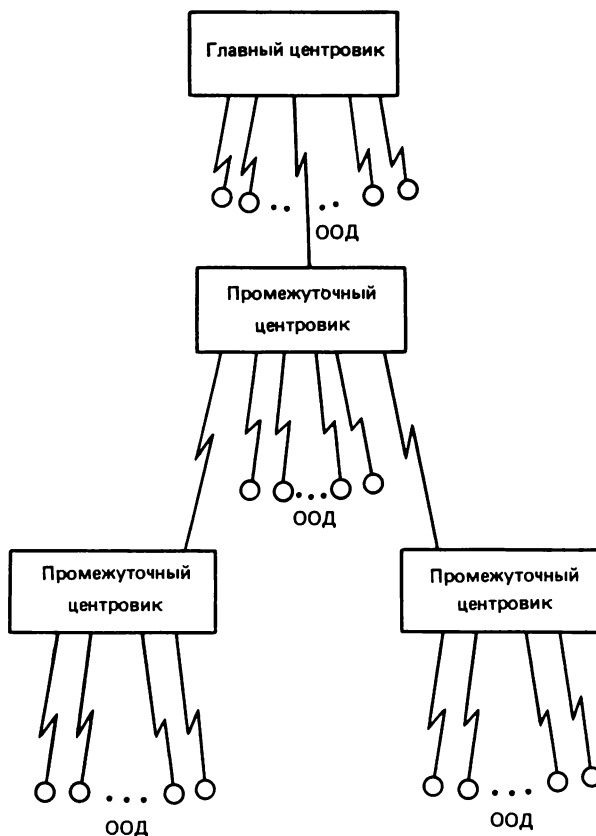


Рис. 3.7. Архитектура системы 1BASE5



нисходящая часть — за распределение сигналов, поступающих из расположенных выше центровиков, среди ООД и нижних ПЦ. Каждая часть центровика должна восстанавливать и поддерживать параметры всех транслируемых и распространяемых ею сигналов.

При одновременном поступлении данных от нескольких ООД либо нескольких ПЦ центровик вырабатывает сигнал "наличие конфликта" (НК) и направляет его по восходящей ветви к ГЦ, который распространяет этот сигнал по ПЦ и ООД нижних уровней.

В физическом уровне архитектуры ЛВС системы IBASE5 выделяются три подуровня: ПФС, МДС и ИЗС. Каждый центровик имеет один подуровень ПФС, несколько МДС и соответственно ИЗС. Один из МДС является "верхним" (отсутствует в ГЦ), обеспечивающим связь с центровиком расположенного выше уровня; остальные МДС называются "портовыми" МДС и служат для связи с подключенными к данному центровику ООД и с нижними ПЦ.

Подуровень ПФС выполняет три асинхронные функции: восходящей передачи, нисходящей передачи и прерывания длинных передач. Эти три функции инициируются сразу же после включения питания станции; независимый дубликат функции прерывания инициируется также в каждом портовом МДС.

Функция восходящей передачи компонует сигналы из различных портовых входов и передает их на верхние уровни, а также обнаруживает конфликты и информирует о них. Функция нисходящей передачи ретранслирует сигналы из верхних уровней и передает их в различные портовые выходы. Функция прерывания обнаруживает чрезмерно длинные передачи и выполняет необходимые действия по их прерыванию.

Восходящая часть центровика обеспечивает окно передачи длительностью 25...50 мс. Если какая-либо восходящая передача не укладывается в это окно, центровик должен перейти на передачу сигнала НК в период 51...100 мс, отсчитываемый от начала окна и, если за это время передача не будет закончена, заблокировать источник передачи.

Для формирования сигнала НК используются два символа CVL и CVH, кодирование которых не соответствует правилам манчестерского кода. Символ CVL представляется в виде перехода из H1 в L0 в начале битового элемента, последующего уровня L0 в течение всей длительности битового элемента и перехода из L0 в H1 в конце битового элемента. Символ CVH представляет собой инверсию символа CVL. Сигнал НК представляет собой следующую повторяющуюся последовательность: один битовый элемент L0, половина битового элемента H1, один битовый элемент L0, один битовый элемент H1, половина битового элемента L0 и один битовый элемент H1. Эту последовательность можно представить в виде пяти символов: CVL, CD0, CD1, CDO и CVH.

Сети, основанные на системе IBASE5, должны быть в основном ориентированы на использование существующей телефонной проводки в зданиях, где ООД может быть подключено к сети через обычную телефонную розетку. Розетки должны быть соединены стандартными телефонными проводами со схемным блоком, в котором расположен центровик.

Взаимосвязь между центровиками, а также между ООД и центровиком должна осуществляться по двум симметричным неэкранированным однопарным кабелям. Требуемые характеристики этих кабелей приведены в табл. 3.16. По ним передаются восходящие и нисходящие потоки, а также сигналы управления. Максимальное

Характеристики соединительных однопарных кабелей системы 1BASE5

Параметр	Значение
Диаметр, мм	0,4 ... 0,6
Средняя транзитная задержка сигналов, в битовых интервалах	4
Суммарное затухание сигналов между передатчиком и приемником, дБ, не более, в частотном диапазоне:	
BR/2 ... BR	6,5
BR ... 2BR	9,2
2BR ... 4BR	13,8
Дифференциальный характеристический импеданс каждой пары, Ом	80 ... 150
Максимальное краевое дрожание сигналов кабельного сегмента с 96-омным окончанием, нс	±17
Перекрестное затухание между парами одного кабеля, дБ, на частоте	
BR	38,5
$BR \leq f \leq 4BR$	$38,5 - 15 \log_{10} (f/BR)$

расстояние между центровиками, а также между ООД и центровиком – 250 м. Это расстояние может быть увеличено до 4 км специальным звеном, содержащим активные элементы.

Устройства ООД должны правильно принимать кадры, которым предшествуют 13 или более бит преамбулы плюс 8 бит НО. Минимальная длина кадра, передаваемая по системе, должна превышать как максимальное число бит, переданных до распознавания сигнала НК, так и максимальную длину конфликтного фрагмента. В системе 1BASE5 этот параметр принят равным 512 бит. Суммарное краевое дрожание сигналов в каждом звене не должно превышать 32 нс. Для подключения МДС к физической среде используется восьмиконтактный соединитель, стандартизованный МОС 8877. Среднее время наработки на отказ одного центровика – 45 000 ч.

### 3.6. ПРИНЦИПЫ И ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

Основные принципы построения и конфигурации ЛВС ШСД на основе систем 10BROAD36 и 1BASE5 описаны в 3.5.2 и 3.5.3 (см. рис. 3.5 и 3.7). При построении ЛВС ШСД на основе систем 10BASE5 и 10BASE2 помимо изложенных в 3.5.1 требований и правил руководствуются следующим.

Магистральный коаксиальный кабель длиной 500 м в 10BASE5 и 185 м в 10BASE2 с терминаторами на обоих концах образует коаксиальный сегмент. Пример построения минимальной конфигурации сети на основе одного коаксиального сегмента показан на рис. 3.8.

Для увеличения размеров и расширения топологии сети за пределы коаксиального сегмента используются повторители, требования к которым определены проектом дополнения МОС 8802-3/ДОП2. Повторитель включает в себя МСС, ИСС и модуль

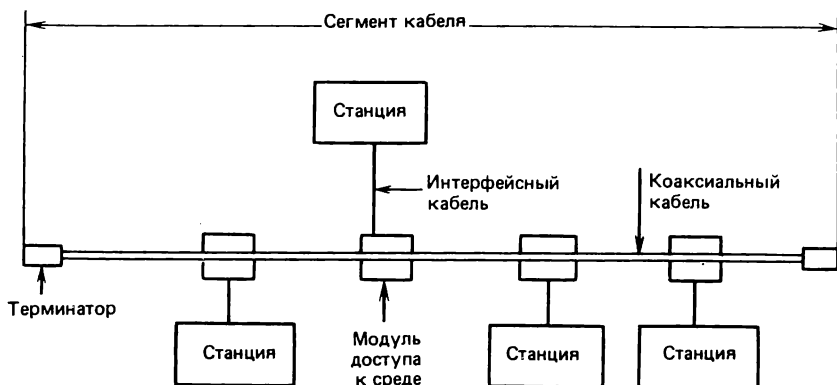


Рис. 3.8. Пример минимальной конфигурации сети ИСД

повторителя, встроенный в интерфейсы ИСС-ПФС. В некоторых повторителях ИСС может отсутствовать.

Коаксиальные сегменты могут быть соединены непосредственно повторителями или парами модулей повторителя, которые, в свою очередь, соединены межповторительными (промежуточными) звеньями. Допустимая топология должна содержать только один активный сигнальный маршрут между любыми двумя пунктами сети. Такой маршрут может иметь максимум четыре повторителя (что предполагает наличие двух межповторительных звеньев).

Если повторитель использует МСС, подключенные через ИМС к модулю повторителя, то внешние МСС должны быть базовыми за исключением функции проверки ОКС. Один или несколько МСС могут быть конструктивно объединены с модулем повторителя. В любом случае часть МСС, содержащая модуль повторителя, должна быть рассчитана на максимальное число МСС в каждом сегменте. Двухпунктовое звено с повторителями на каждом конце образует каналный сегмент. К каналному сегменту не разрешается подключать станции. Пример построения двухразмерной сети с тремя сегментами (двумя коаксиальными и одним каналным) показан на рис. 3.9.

Повторители должны подключаться к сегментам сети одним из следующих способов:

- через ИМС и МСС, удовлетворяющие требованиям стандарта, с учетом того, что МСС должен реализовывать режим приема с обнаружением конфликта и функцию прерывания длинных последовательностей;

- прямым подключением к кабелю при обеспечении совместимости повторителя либо с ответвительным соединителем, либо с N-соединителем, либо с BNC-соединителем;

- через зависимое от поставщика межповторительное звено при допустимой задержке кругового обхода и допустимой длине конфликтного кадра, а также через волоконно-оптическое межповторительное звено (находится на стадии изучения).

Повторитель должен обладать следующими свойствами:

- быть "прозрачным" для всех операций сети и неадресуемым;

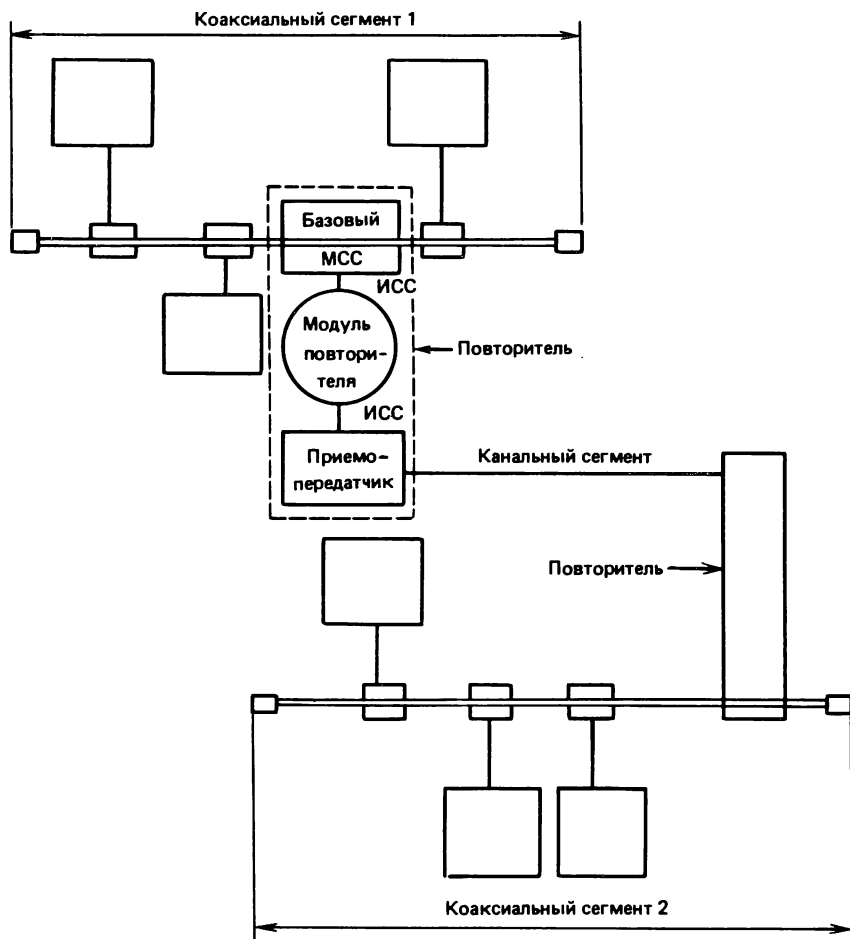


Рис. 3.9. Пример сети ШСД с тремя сегментами

амплитудные характеристики сигналов и симметрия сигналов на выходе повторителя должны быть в пределах требуемых допусков;

дрожание кодированных сигналов на выходе повторительного модуля не должно выходить за допустимые пределы и накапливаться при прохождении через сегменты сети;

передавать кадры данных без искажений, модификаций, вычеркиваний или добавлений;

задержка начала вывода кадра (промежуток времени между входом перепада сигнала в повторитель и его выходом из повторителя) не должна превышать 8 битовых интервалов для повторительного модуля и 14,5 битовых интервалов для всего повторителя;

выполнять функцию обнаружения конфликта;

обнаруживать наличие конфликта в физической среде и передавать комбинацию НК во все сегменты сети; при этом первые 62 бита комбинации должны представлять собой чередующуюся последовательность двоичных единиц и нулей, начиная с единицы;

задержка начала распространения сигнала обнаружения конфликта не должна превышать 6,5 битовых интервалов для повторительного модуля и 15,5 битовых интервалов для всего повторителя;

обеспечивать задержку длительностью до десяти битовых интервалов между окончанием передачи и началом контроля поступающих на вход сигналов (чтобы не спутать прием собственной передачи с другими передачами);

обеспечивать задержку не менее четырех битовых интервалов после исчезновения сигнала ОКС, чтобы ошибочно не обнаружить преждевременное окончание конфликта.

Ниже приведены основные параметры ЛВС ШСД, использующей систему 10BASE5.

Максимальная задержка распространения сигналов в канальном сегменте, нс. . . . .	2450
Максимально допустимое число сегментов в тракте между двумя станциями. . . . .	5
в том числе коаксиальных. . . . .	3
канальных. . . . .	2
Суммарная задержка кругового обхода в сети, мкс, не более. . . . .	51,2
Максимальное расстояние между передатчиком и приемником ИМД, м. . . . .	50
Минимальная скорость распространения сигналов по кабелю ИМД . . . . .	0,65 с
(с = 300 000 км/с)	
Максимально допустимая задержка в кабеле ИУД, нс. . . . .	275

Изложенные правила и параметры положены в основу построения сети Ethernet. Ее основные характеристики приведены в табл. 3.17. Наличие несущей в кабеле определяется по переходам сигнала манчестерского кода. Если переходы сигнала не обнаруживаются в пределах 0,75...1,25 битового интервала, отсчитываемого от центра последнего интервала, то несущая считается отсутствующей, что указывает на конец пакета.

Таблица 3.17

Основные характеристики сети Ethernet

Параметр	Значение
Скорость передачи, Мбит/с	10
Длина пакета (кадра), байт	
максимальная	1526
минимальная	72
Длина адресного поля, бит	48
Длина поля данных, байт	46 . . . 1500
Минимальный межкадровый интервал, мс	9,6
Время распространения сигнала от передатчика к приемнику	
и обратно, нс, не более	51,2
Длительность битового интервала, нс	100 + 0,01%

Это означает, что любая активность в канале (передача или конфликт) обнаруживается в течение последних 160 нс.

Формат кадра УДС сети Ethernet имеет ряд отличий от стандартного (см. рис. 3.1). В частности, в кадре УДС отсутствуют поля НО и ЗАП, а вместо поля "длина кадра" используется двухоктетное поле "тип данных", которое определяет правила интерпретации поля данных.

## Раздел 4

### ШИНА С МАРКЕРНЫМ ДОСТУПОМ

#### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 4.1.1. Основные понятия

Определения понятий "Шинная сеть", "Широкополосная ЛВС" и других приведены в 1.1.1.

Шинная сеть с передачей маркера ШМД (Token bus network) — шинная сеть, в которой методом доступа к среде служит процедура передачи маркера.

Кадр маркера (Token) — форматированная битовая последовательность, передаваемая на станции ЛВС шинного или кольцевого типа с целью упорядоченной (в соответствии с адресами станций и приоритетностью данных) передачи станциям полномочий на доступ к физической среде.

Процедура передачи маркера (Token passing procedure) — совокупность правил, в соответствии с которыми станция сети с передачей маркера получает, удерживает и передает кадр маркера.

Распределитель (Head-end) — в широкополосных ЛВС устройство, принимающее сигналы от станции и ретранслирующее их по всем другим станциям сети.

Примечание. Ретрансляция сигналов может потребовать сдвига частоты.

Ремодулятор распределителя (Head-end remodulator) — устройство, расположенное в распределителе шинной сети, которое модулирует переданные по обратному каналу другими станциями сигналы частоты  $F$  и ретранслирует их по прямому каналу для передачи тем же станциям.

Прямой канал (Forward channel) — в широкополосных ЛВС канал, предназначенный для передачи данных от распределителя к станциям данных.

Обратный канал (Reverse channel) — в широкополосных ЛВС канал, предназначенный для передачи данных от станций к распределителю.

Интервал ответа (Slot time) — максимальный промежуток времени, в течение которого любая из станций должна ждать ответа от другой станции, и который вычисляется по следующей формуле:

Интервал ответа =  $n \cdot ((\text{задержка тракта передачи} + \text{суммарная задержка всех станций} + \text{запас надежности}) / \text{символьный интервал УДС} + 7) / 8$ , где  $n$  — целое число; запас надежности — символьный интервал УДС.

Окно ответа (Response Window) — базовая единица времени, отсчитываемая станцией от момента окончания передачи кадра УДС до получения ответа от другой станции и равная интервалу ответа.

Задержка кругового обхода (Round-trip Propagation Time) — удвоенное время прохождения бита между двумя наиболее удаленными станциями шинной сети.

Модуляция сдвигом частоты (Frequency shift keying FSK) — метод модуляции сигналов, при котором информация представляется несущей со сдвигом частоты передаваемого сигнала на одну из небольшого набора частот.

Фазопрерывная модуляция сдвигом частоты (Phase-continuous FSK) — разновидность модуляции сдвигом частоты, при которой изменение частоты сигналов осуществляется непрерывно (в отличие от скачкообразного перехода от одной частоты к другой, выполняемого, например, переключателем).

Фазокогерентная модуляция сдвигом частоты (Phase-coherent FSK) — разновидность модуляции сдвигом частоты, при которой две частоты совместно используются для одной скорости передачи данных, а переходы между этими частотами происходят при пересечении нулевого уровня сигналом несущей.

Двубинарная амплитудно-фазовая модуляция АФМ (Duobinary AM/PSK Modulation) — вид модуляции, при которой данные предварительно кодируются и передаются в виде двубинарных импульсов, модулирующих по амплитуде и фазе несущую частоту. При этом приемники могут демодулировать и модулировать сигнал без необходимости восстановления фазы сигнала.

Многоуровневая двубинарная амплитудно-фазовая модуляция (Multi-level duobinary AM/PSK) — вид двубинарной АФМ, которая использует для представления информации более двух различных уровней амплитудной модуляции.

Символ УДС (MAC-symbol) — наименьшая единица информации, которой обмениваются объекты подуровня УДС.

Случайные биты (Randomized bits) — биты случайной значимости, вырабатываемые на каждой станции статистически независимо и изменяемые периодически не реже чем через 50 мс.

#### 4.1.2. Состояние стандартизации

Стандарты ANSI/IEEE 802.4, МС 8802-4 и ЕСМА-90 определяют протоколы и услуги подуровня УДС и физического уровня, а также параметры физической среды ЛВС шинного типа с маркерным доступом (ШМД) к физической среде. Перечисленные стандарты ориентированы на использование физической среды широкополосного типа, где каждая подключенная к ней станция может воспринимать все проходящие сигналы.

Стандарт МС 8802-4 содержит полный дословный текст стандарта ANSI/IEEE 802.4 (редакция 1988 г.) и некоторые добавления к тексту, разработанные в рамках МС. Отдельные положения стандарта ANSI/IEEE 802.4 (механизм выдачи немедленного ответа, ссылки на национальные стандарты, требования к электробезопасности, рекомендуемое распределение частот для североамериканских систем кабельного телевидения) отмечены как необязательные для МС 8802-4 и в настоящем справочнике не рассматриваются.

Стандарт ЕСМА-90 (1983 г.) в части метода доступа к среде, протоколов и услуг подуровня УДС и физического уровня соответствует упомянутым стандартам ANSI/IEEE и МОС. Но, в отличие от этих стандартов, он определяет лишь один из трех методов передачи сигналов по физической среде – метод многоуровневой двубинарной амплитудно-фазовой модуляции – и имеет также редакционные и структурные отличия.

Рассматриваемые объекты стандартизации претерпевают быстрые изменения, в связи с чем в ближайшие годы предполагается дальнейший пересмотр перечисленных стандартов.

### 4.1.3. Принцип доступа к физической среде

Для обеспечения станциям ЛВС ШМД доступа к физической среде по шине непрерывно передается кадр маркера строго заданного формата. Передача кадра маркера происходит от одной станции к другой в последовательности убывания их адресов с циклическим возвратом от станции с самым младшим адресом к станции с самым старшим адресом. Такая циркуляция кадра маркера формирует логическое кольцо физической шины, изображенное на рис. 4.1.

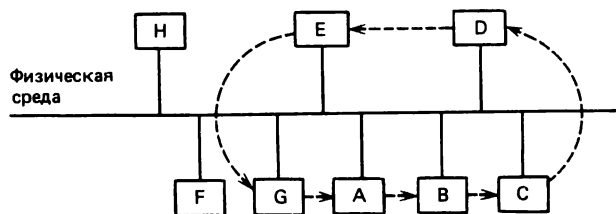


Рис. 4.1. Логическое кольцо на основе физической шины

Последовательность расположения станций в логическом кольце не обязательно должна соответствовать последовательности их физического размещения на шине. Станции, не входящие в состав логического кольца (H и F на рис. 4.1), не могут передавать кадр маркера и инициировать передачу данных, однако они могут принимать кадры данных от других станций, отвечать на них и включаться в логическое кольцо при получении разрешения. Станция, "захватившая" кадр маркера (маркер), сразу же получает доступ к физической среде.

В ЛВС ШМД не предусмотрена станция-монитор, управляющая работой логического кольца. Ее функции выполняет в каждый данный момент станция, владеющая маркером. Архитектура ЛВС ШМД соответствует рис. 1.1, в.

## 4.2. УСЛУГИ И ПРОТОКОЛ ПОДУРОВНЯ УДС

### 4.2.1. Услуги подуровня УДС

Подуровень УДС во взаимодействии с физическим уровнем обеспечивает два вида услуг: для подуровня УЛЗ своей станции и для диспетчера станции.

Услуги подуровня УДС, предоставляемые подуровню УЛЗ, приведены в сводной табл. 2.5, а диспетчеру – в табл. 4.1.



Услуги подуровня УДС для диспетчера станции в ЛВС ПМД

Наименование примитива	Параметр	Назначение	Действия при приеме
УДС_ИНИЦИАЦИЯ_ПРОТОКОЛА.запрос	Вид требуемого протокола	Сброс и реконфигурация УДС, выбор требуемого протокола работы (по простой шине или шине с повторителями)	УДС выполняет собственный сброс, выбирает требуемый протокол и генерирует ответный примитив
УДС_ИНИЦИАЦИЯ_ПРОТОКОЛА.ответ	Состояние	Информирование диспетчера об успешности или безуспешности (с указанием причины) выполнения запросного примитива	Не определены
УДС_УСТАНОВИТЬ_ЗНАЧЕНИЕ.запрос	Имена параметров, требуемые значения параметров	Установка требуемых значений параметров (время ответа, приоритетное обслуживание, задержки, длина преамбулы и др.)	УДС устанавливает требуемые значения параметров и генерирует ответный примитив
УДС_УСТАНОВИТЬ_ЗНАЧЕНИЕ.ответ	Состояние	Информирование диспетчера об успешности или безуспешности (с указанием причины) выполнения запросного примитива	Не определены
УДС_ПРОЧЕСТЬ_ЗНАЧЕНИЕ.запрос	Имя переменной	Запрос подуровню УДС передать диспетчеру значение указанной переменной (адреса приемника, предшественника, число станций в кольце, принятых кадров и др.)	УДС передает диспетчеру значение указанной переменной
УДС_ПРОЧЕСТЬ_ЗНАЧЕНИЕ.ответ	Текущие значения переменных, состояние	Информирование диспетчера об успешности или безуспешности (с указанием причины) выполнения запросного примитива	Не определены

Услуги подуровня УДС для диспетчера станции в ЛВС ШМД

Наименование примитива	Параметр	Назначение	Действия при приеме
УДС_СОБЫТИЕ.индикация	Событие	Информирование диспетчера о появлении в УДС разрешенного значащего события (изменение адреса преемника и др.)	Не определены
УДС_ОТЧЕТ_ОБ_ОШИБКЕ.индикация	Вид ошибки	Информирование диспетчера об обнаружении УДС ошибочной протокольной ситуации (дублированный адрес, неисправность передатчика и др.)	Не определены
УДС_ГРУППОВОЙ_АДРЕС.запрос	Групповые адреса объектов УДС	Запрос УДС распознать указанный набор адресов	УДС передает диспетчеру требуемый набор групповых адресов
УДС_ГРУППОВОЙ_АДРЕС.ответ	Состояние	Информирование диспетчера об успешности или безуспешности (с указанием причины) выполнения запросного примитива	Не определены
УДС_М_БЛОК_ДАННЫХ.запрос	Адрес получателя, СБД, требуемый класс услуг	Запрос УДС сформировать и передать кадр данных с требуемым качеством услуг	УДС пытается сформировать и передать требуемый кадр данных
УДС_М_БЛОК_ДАННЫХ.индикация	Адрес получателя, адрес отправителя, СБД, качество услуг	Информирование диспетчера о поступлении из физической среды кадра данных (в случае безошибочного кадра с адресом данной станции)	Не определены
УДС_М_Р_ПРЕРЫВАНИЕ.индикация	Состояние	Информирование диспетчера об ошибке в предыдущем запросном примитиве УДС_М_БЛОК_ДАННЫХ	Не определены

## 4.2.2. Типы и форматы кадров

Вся информация на подуровне УДС должна передаваться в виде кадров и заполнителя. Различают кадры трех основных типов: данных (КД), маркера (КМ) и прерывания (КП). Формат КД в ЛВС ШМД приведен на рис. 4.2, формат КМ — на рис. 4.3, формат КП — на рис. 4.4.

Все кадры передаются, начиная с крайнего левого поля, в порядке их расположения. Поля кадров передаются последовательно по битам, начиная с крайнего левого (старшего по значимости) бита. В кадре данных число октетов между полями НО и КО не должно превышать 8191.

Преамбула предшествует каждому передаваемому кадру данных и содержит от одного до нескольких октетов символов-заполнителей в зависимости от скорости передачи данных и применяемого метода модуляции сигналов. Она обеспечивает битовую синхронизацию приемного модема, а также минимально необходимый межкадровый промежуток времени для обработки станцией ранее переданного кадра. Длительность преамбулы должна быть не менее 2 мкс.

Поле НО представляет собой комбинацию символов NN0NN000, где N — символ "не данные".

Поле УК кодируется в зависимости от передаваемого кадра данных: управление УДС, данные, специального назначения.

В кадре "управления УДС" в зависимости от вида управления поле УК кодируется следующим образом: 00000000 — заявка маркера; 00000001 — запрос преемника 1; 00000010 — запрос преемника 2; 00000011 — кто следующий?; 00000100 — разрешение соперничества; 00001000 — кадр маркера; 00001100 — установить преемника.

Кадр "заявка маркера" содержит поле данных произвольной длины, которая должна быть кратна октету и равняться 0, 2, 4 или 6 интервалам ответа. В кадре "запрос преемника 1" поле АП содержит адрес следующей станции и отсутствует поле данных. За этим кадром должно следовать одно окно ответа. В кадре "запрос преемника 2" поле АП содержит адрес следующей или собственной станции и отсутствует поле данных. За этим кадром должны следовать два окна ответа. В кадре "кто следующий?" поле данных содержит адрес следующей станции, длина и формат которого те же, что и поля АО. За этим кадром должны следовать три окна ответа. Кадр "разрешение соперничества" не содержит поля данных. За ним должны следовать четыре окна ответа. В кадре "установить преемника" в поле АП содержится поле АО последнего принятого кадра, а в поле данных — адрес следующей или собственной станции.

В кадре "данные" поле УК кодируется FFMMMPPP, где

FF=01 — кадр данных УЛЗ, =10 — кадр данных диспетчера, =11 — кадр специального назначения (зарезервировано для будущего использования);

MMM=000 — запрос, не требующий ответа;

PPP — биты приоритетности, кодируются от 000 (низший приоритет) до 111 (высший приоритет).

Поля АП, АО и КПК кодируются аналогично соответствующим полям кадра УДС в ЛВС ШСД (см. 3.2.1).

Поле данных в зависимости от кода поля УК содержит следующую информацию: протокольный блок данных УЛЗ, подлежащий передаче УЛЗ другой станции;

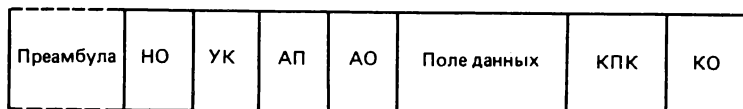


Рис. 4.2. Формат кадра данных в ЛВС ШМД

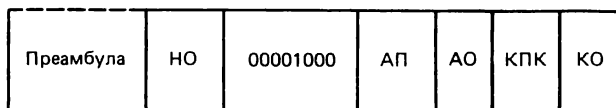


Рис. 4.3. Формат кадра маркера в ЛВС ШМД

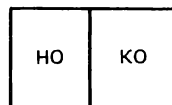


Рис. 4.4. Формат кадра прерывания в ЛВС ШМД и КМД

данные диспетчера УДС, подлежащие передаче логическому объекту диспетчера УДС другой станции;

параметры, специфические для одного из кадров "управление УДС".

Поле КО кодируется NNINNIIE, где N – символ "не данные"; I – бит промежуточного кадра (I=1 – продолжение передачи следует, I=0 – последний кадр); E – бит ошибки (E=0 – нет ошибок, E=1 – ошибка в кадре).

Кадр данных считается недействительным при выполнении любого из следующих условий:

он определен как таковой физическим уровнем (например, содержит все символы "не данные" или недействительные символы);

его длина не кратна октету;

не содержит всех необходимых полей или его поля расположены в неправильной последовательности;

при вычислении поля КПК значение остатка не соответствует требуемому;

поле УК содержит неопределенную битовую комбинацию;

бит E в поле КО указывает на наличие ошибки в кадре.

Кадр прерывания выдается станцией, которая желает прервать текущую передачу кадра, а также ретранслятором при обнаружении им неправильно закодированной последовательности. В поток данных КП должен вводиться, начиная с границы октета. Поля НО и КО в кадре прерывания кодируются так же, как и в кадре данных.

### 4.2.3. Протокольные операции

Протокол УДС при своем функционировании использует в качестве средств контроля и управления набор тайм-аутов, перечень и назначения которых приведены в 4.3.2.

В протоколе УДС используется шесть символов УДС: 0 – нуль, 1 – единица, N – не данные, P – заполнитель, S – молчание, B – искаженный сигнал. Номинальное время передачи символа УДС, мкс, определяется как инверсия используемой скорости передачи, Мбит/с.

Каждая станция ЛВС ШМД должна знать адреса своего предшественника (станцию, которая передает ей маркер) и своего преемника (станцию, которой она передает маркер) по логическому кольцу. Эти адреса могут динамически изменяться в процессе работы ЛВС. При этом подуровень УДС станции, у которой изменился адрес преемника, должен оповестить об этом диспетчера своей станции.

Новые станции вводятся в логическое кольцо под управлением процесса соперничества с использованием окон ответа. Станция, желающая войти в логическое кольцо, анализирует состояние физической среды и задерживает свою следующую передачу на время (0, 1, 2 или 3) То (задержка запроса). Если станцией обнаружена передача в физической среде во время задержки запроса, она и по истечении этой задержки продолжает следить за этой передачей до ее окончания. При незанятой среде станция посылает один из двух управляющих кадров: "запрос преемника 1" или "запрос преемника 2".

Кадр "запрос преемника 1" определяет одно окно ответа и разрешает только одной станции выдать ответ, причем только той, адрес которой меньше адреса передающей станции. Кадр "запрос преемника 2" определяет два последовательных окна ответа: первое для ответа от станции с меньшим адресом, второе для ответа от станции с большим адресом в логическом кольце.

В случае обнаружения конфликтной ситуации опрашивающая станция посылает управляющий кадр "разрешение соперничества", на которые могут отвечать только те станции, которые отвечали на предыдущий запросный кадр, причем с различными заранее определенными задержками. Станция может выйти из логического кольца по своей инициативе, не отвечая на переданный ей маркер или, если она владеет маркером, посылая своему предшественнику кадр "установить преемника".

Процесс соперничества станций за включение в логическое кольцо должен состоять из циклов передачи и задержки запроса

$$N = L_{AO}/2 + 1, \quad (4.1)$$

где  $L_{AO}$  — длина поля АО, бит.

Длительность задержки запроса  $D$  (в числе интервалов  $T_0$ ) после  $n$ -й передачи должна определяться из соотношения

$$D = \begin{cases} 3 - f & \text{при } 1 \leq n < N; \\ f_4 & \text{при } n = N, \end{cases}$$

где  $f$  — функция двух добавочных адресных бит в цикле  $n$ , равная 0, 1, 2 или 3;  $f_4$  — случайная переменная, выбираемая из диапазона 0, 1, 2, 4.

Для разрешения конфликтных ситуаций в кольце используются дополнительные биты случайной значимости адреса станции. При этом станция, имеющая большую длину адреса, а следовательно, и кадра данных, побеждает в соперничестве.

По истечении на какой-либо станции тайм-аута неактивности физической среды (см. 4.3.2) эта станция посылает кадр "заявка маркера". Если по окончании интервала ответа среда остается неактивной или обнаружены непонятные сигналы (конфликтная ситуация), станция повторно посылает кадр "заявка маркера" с добавлением к своему адресу двух случайных бит. Процесс разрешения соперничества, как и при входе станций в логическое кольцо, должен состоять из  $N$  циклов, где  $N$  определяется

согласно (4.1). При этом длина кадра "заявка маркера"  $L$  в  $n$ -м цикле определяется из выражения

$$L = \begin{cases} 2T_0 \cdot f & \text{при } 1 \leq n < N; \\ 2T_0 & \text{при } n = N \end{cases}$$

Если станция, получившая по логическому кольцу обратно свой кадр, определяет наличие передачи в среде, она уступает право заявки маркера другим станциям, имеющим более длинный кадр. Станция может начинать передачу своих данных только в рамках тайм-аута удержания маркера (см. 4.3.2). По истечении этого тайм-аута станция продолжает передачу начатого кадра до конца, если только его длина не превышает максимально установленную.

После завершения передачи данных и передачи кадра маркера своему приемнику станция следит за наличием передачи данных в физической среде. При обнаружении пакета ошибочных сигналов или кадра с неправильной КПК станция выдерживает временной интервал, равный  $4T_0$ . Если по окончании и этого интервала станция не обнаружит действительного кадра, она предполагает, что в среде циркулирует ее собственный искаженный кадр данных и повторно передает кадр маркера. Если по истечении следующего такого же интервала станция ничего не обнаружит в среде, она предполагает, что ее приемник неисправен и посылает управляющий кадр "кто следующий?" с адресом нового приемника в поле данных. Та станция, которая в этом адресе опознала своего предшественника, сообщает передающей станции свой адрес в управляющем кадре "установить приемника". Тем самым станция — владелец маркера устанавливает своего нового приемника, а неисправную станцию удаляет из логического кольца.

Если на двухразовую передачу кадра "кто следующий?" станция не получила ответа, она посылает кадр "запрос приемника 2" с собственным адресом в полях АП и АО, предлагая любой станции ответить ей. Станция, желающая передавать данные, должна в интервале окна ответа посылать ответ на этот кадр, после чего логическое кольцо восстанавливается. Если все попытки установить приемника оказались безуспешными, станция прекращает действия по восстановлению логического кольца и наблюдает за состоянием физической среды.

В ЛВС ШМД предусмотрен (факультативно) механизм назначения приоритетности передачи кадров данных вышерасположенных уровней, которая задается этими уровнями в параметре "класс услуг" примитива УДС\_ДАННЫЕ.запрос. Предусмотрено восемь классов услуг, кодируемых от 0 до 7 (тремя битами поля УК кадра). Подуровень УДС преобразует эти восемь классов услуг в четыре класса доступа, обозначаемых 0, 2, 4 и 6, путем игнорирования младших по значимости бит поля УК. Для каждого класса доступа диспетчером станции установлен свой максимальный тайм-аут циркуляции маркера (см. 4.3.2). По истечении соответствующего тайм-аута станция должна прекратить передачу своих кадров.

Суммируя изложенное, можно указать следующие основные функции подуровня УДС:

- организация включения станций в логическое кольцо и их исключения из кольца без нарушения работы ЛВС;

- инициация и управление доступом станций к физической среде;

- формирование кадров данных и организация их обмена с подуровнем УДС другой станции;

- инициация и восстановление логического кольца при неисправностях (дублирование и потеря кадра маркера, дублирование адресов станции, неполномочный захват маркера, невосприимчивость станции (неисправность приемника и др.);
- отсчет тайм-аутов, устранение излишних задержек и тупиковых ситуаций;
- ограниченная буферизация данных;
- генерация и проверка КПК, распознавание действительных кадров данных и маркера;
- управление приоритетностью передачи.

### 4.3. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА УДС

#### 4.3.1. Внутренняя структура подуровня УДС

Подуровень УДС выполняет несколько взаимосвязанных между собой функций. Спецификация протокола УДС в стандарте МОС 8802-4 проведена путем некоторого группирования этих функций и представления каждой группы в виде логического конечного автомата. Образованная при этом функциональная структура подуровня УДС приведена на рис. 4.5.

Конечный автомат интерфейса ИНТ\_КА действует в качестве интерфейса и буфера между УДС и УЛЗ, а также между УДС и диспетчером станции (ДИСП). Он выполняет следующие основные функции: анализирует поступающие примитивы УД\_БЛОК\_ДАН-

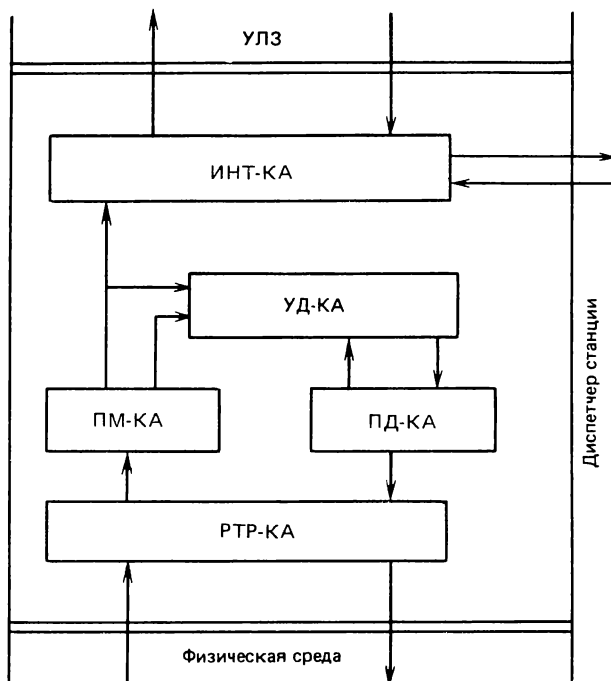


Рис. 4.5. Функциональная структура подуровня УДС

НУХ и другие сервисные примитивы; вырабатывает соответствующие сервисные примитивы; осуществляет необходимые преобразования параметров качества услуг, выдаваемых УЛЗ, в вид, воспринимаемый УДС; управляет очередностью запросов услуг (например, запросов на передачу ПБД УЛЗ); осуществляет избирательный прием только тех кадров УЛЗ, которые адресованы данной станции.

Конечный автомат управления доступом УД\_КА взаимодействует с УД\_КА всех других станций данной сети при овладении маркером для управления доступом к распределенной шине. Автомат УД\_КА может управлять несколькими классами доступа УДС, с тем чтобы обеспечить для УЛЗ различные значения качества услуг. Кроме того, УД\_КА несет ответственность за инициацию и поддержание логического кольца, включая подключение новых станций, за обнаружение и, где возможно, восстановление при сбоях и неисправностях.

Конечный автомат приемника ПМ\_КА принимает из физического уровня элементарные символы, объединяет их в кадры данных, проверяет эти кадры и передает правильные кадры автоматам ИНТ\_КА и УД\_КА. Автомат ПМ\_КА выполняет эти функции, распознавая ограничители начала и конца кадра (НО и КО), проверяя КПК и правильность структуры кадра. Кроме того, ПМ\_КА идентифицирует и обозначает поступление помех и состояний незанятости шины.

Конечный автомат передатчика ПД\_КА обычно принимает кадры данных из УД\_КА и передает их в виде последовательности элементарных символов надлежащего формата в физический уровень. Автомат ПД\_КА формирует ПБД УДС, предваряя каждый кадр требуемой преамбулой и НО и дополняя его КПК и КО. При работе с конечным автоматом ретранслятора его функции могут несколько отличаться.

Конечный автомат ретранслятора РТР\_КА является факультативным компонентом УДС, который содержится только в особых "ретрансляционных" станциях (например, широкополосных или распределительных ремодуляторах). В таких станциях РТР\_КА при необходимости ретранслирует поступающий из физического уровня поток элементарных символов обратно в физический уровень для повторной передачи; при этом считается, что физический уровень связан, по меньшей мере, с двумя различными сегментами одной шины. Такие ретрансляционные операции РТР\_КА выполняет во взаимодействии с ПМ\_КА и ПД\_КА.

Из пяти перечисленных автоматов УД\_КА наиболее сложный; он является ключевым управляющим механизмом для шины с маркерным доступом и должен тесно взаимодействовать с УД\_КА других станций при наличии лишь ограниченной информации о состоянии сети. Ввиду важности этого автомата и поскольку многие его операции не прямо вытекают из его функциональных требований, разъяснение и спецификация УД\_КА составляет основную цель приводимого ниже формализованного описания.

Автоматы ИНТ\_КА и ПМ\_КА несут большую нагрузку в выполнении операций протокола УДС. Они обсуждаются, однако, лишь в той степени детализации, которая необходима для понимания их роли в поддержке операций УД\_КА.

#### 4.3.2. Состояния, переменные и функции

Автомат УД\_КА (и соответствующая станция) может находиться в одном из 11 состояний, перечень которых и выполняемые в них действия УД\_КА приведены ниже.

После включения питания станции или обнаружения некоторых ошибочных условий УД\_КА входит в состояние АВТОНОМНОЕ, в котором станция выполняет самотестирование и проверку соединения с физической средой без передачи данных.



После загрузки в станцию ее базовых операционных параметров (собственный адрес, его длина, значения тайм-аутов, допустимые длительности задержек и др.) и при получении команды перехода в неавтономный режим УД\_КА входит в состояние ДЕЖУРНОЕ, в котором станция следит за состоянием физической среды и не передает данных. После получения управляющего кадра или кадра маркера станция переходит в соответствующее состояние.

В состоянии ЗАПРОС\_ВХОЖДЕНИЯ станция передает владельцу маркера кадр "установить\_преемника" и переходит в состояние ЗАДЕРЖКА\_ЗАПРОСА, в котором она ожидает поступления либо маркера, либо кадра "разрешение\_соперничества", либо кадра "установить\_преемника".

В состоянии ЗАЯВКА\_МАРКЕРА станция пытается инициировать логическое кольцо передач кадра "заявка\_маркера".

В состоянии ИСПОЛЬЗОВАНИЕ\_МАРКЕРА станция передает свой(и) кадр(ы) данных другой станции. После передачи каждого кадра данных станция в зависимости от использования факультативной функции назначения приоритетов входит либо в состояние ОЖИДАНИЕ\_ОТВЕТА\_ИНТ\_КА, либо в состояние КОНТРОЛЬ\_КЛАССА\_ДОСТУПА, где она управляет передачей кадров данных различных приоритетов. При получении ответа от ИНТ\_КА или передачи приоритетного кадра данных станция возвращается в состояние ИСПОЛЬЗОВАНИЕ\_МАРКЕРА.

В состоянии ПЕРЕДАЧА\_МАРКЕРА станция пытается передать маркер своему преемнику. После передачи маркера УД\_КА входит в состояние КОНТРОЛЬ\_ПЕРЕДАЧИ\_МАРКЕРА, в котором станция ожидает ответа от той станции, которой передан маркер.

В состоянии ОЖИДАНИЕ\_ОТВЕТА станция пытается упорядочить запросы других станций — кандидатов в преемники владельца маркера, используя алгоритм разрешения соперничества.

Все переменные и функции, используемые при формализованном описании УД\_КА, подразделяются на следующие категории: переменные, определяемые диспетчером станции; переменные, определяемые ИНТ\_КА; тайм-ауты; переменные, определяемые ПМ\_КА; прочие переменные и функции.

**Переменные диспетчера станции.** Диспетчер станции обеспечивает для УД\_КА поток бит адреса станции, а также следующие сетевые параметры:

ДС — адрес данной станции — переменная потока бит, установленная в значение 16- или 48-битового адреса;

интервал\_ответа — целое число от 1 до  $(2^{13} - 1)$  октетных интервалов;

мин\_длина\_преамбулы\_после\_молчания — целое число, равное минимальному числу октетов преамбулы, подлежащих передаче после того, как закончилось молчание станции;

макс\_счет\_заявок — целое число, равное половине длины адреса станции (в битах) плюс единица и используемое для ограничения процесса соперничества за овладение маркером, а также для прекращения процесса заявки маркера;

макс\_счет\_передач\_маркера — целое число от  $2^4$  до  $(2^8 - 1)$ , определяющее, сколько раз станция владела маркером;

заданное\_время\_циркуляции\_(класс\_доступа) — пространство целых чисел от 0 до  $2^{21} - 1$  октетных интервалов, используемых в факультативных процедурах назначения приоритетов и в тайм-ауте обслуживания\_кольца;

начальное\_значение\_таймера\_обслуживания\_кольца — целое число от 0 до  $2^{21} - 1$  октетных интервалов, используемое для определения начального значения тайме-

Действия УД\_КА в зависимости от значений переменных

Значение переменных		Действия УД_КА
участие_в_кольце	ожидание_передачи	
Ложно	Ложно	Не участвует в соперничестве за маркер. Выходит из кольца, если был его участником
Ложно	Истинно	Соперничает за маркер. Передает данные и устанавливает переменную ожидание_передачи в значение "ложно", после чего выходит из логического кольца
Истинно	Ложно	Соперничает за маркер, если данная станция обладает ограниченной активностью. Остается в логическом кольце даже при отсутствии данных для передачи
Истинно	Истинно	Соперничает за маркер. Остается в логическом кольце и передает данные

ра\_обслуживания\_кольца при входе станции в кольцо;

время\_удержания\_маркера\_высшего\_приоритета — целое число в диапазоне от 0 до  $2^{16} - 1$  октетных\_интервалов, используется для контроля максимального времени, в течение которого станция может передавать кадры данных при классе доступа б;

участие\_в\_кольце — булевская переменная, которая определяет условие устойчивого состояния УД\_КА, в котором он не имеет в очереди запросов на передачу.

**Переменные и функции ИНТ\_КА.** Изъятие\_ожидającego\_кадра (класс\_доступа) — функция, выталкивающая первый кадр данных из очереди ожидающих кадров указанного класса доступа и возвращающая его в УД\_КА для передачи;

ожидание\_передачи — булевская переменная, имеющая значение "истинно" (true), если по меньшей мере одна из очередей ожидающих кадров не пустая, и "ложно" (false), если все очереди пусты;

участие\_в\_кольце и ожидание\_передачи — две булевские переменные, которые в совокупности определяют действия УД\_КА в соперничестве за овладение маркером и за участие в логическом кольце согласно табл. 4.2;

питание\_ВКЛ — булевская переменная, обеспечиваемая аппаратными средствами ДИСП и указывающая, что УД\_КА может начинать работу.

**Тайм-ауты.** Определяются как совокупность процедур и булевских переменных. Процедуры записываются в виде тайм-аут\_XX.старт (значение), где XX — имя тайм-аута, а "значение" — целое число, определяющее длительность тайм-аута. Булевские переменные обозначаются тайм-аут\_XX.истек и имеют значение "ложно" в процессе отсчета тайм-аута и "истинно" при его истечении.

Пять тайм-аутов оперируют целыми числами, кратными сетевому интервалу\_ответа, и не используются одновременно, что позволяет реализовать их одним таймером. К ним относятся:

тайм-аут\_неактивности\_шины управляет интервалом времени, в течении которого станция, находящаяся в состоянии ДЕЖУРНОЕ, прослушивает до входа в состояние заявки маркера и повторной инициации сети (в станции с наименьшим адресом этот интервал равен шести интервалам\_ответа, в остальных станциях — семи интервалам\_ответа);

тайм-аут\_заявки управляет длительностью интервалов между передачами кадров заявка\_маркера (всегда загружается значением 1);

тайм-аут\_окна\_ответа управляет интервалами времени между передачами кадров данных станцией, имеющей открытое окно ответа;

тайм-аут\_соперничества управляет интервалом времени, в течение которого станция, находящаяся в состоянии ЗАПРОС\_ВХОЖДЕНИЯ, прослушивает после опознавания кадра разрешение\_соперничества, запрос\_преемника или кто\_следующий?;

тайм-аут\_передачи\_маркера управляет интервалом времени, в течение которого станция прослушивает после передачи маркера своему преемнику.

Длительность остальных перечисленных ниже тайм-аутов кратна октетным интервалам (а не сетевым интервалам\_ответа):

тайм-аут\_циркуляции\_маркера (класс\_доступа) — набор четырех тайм-аутов: по одному для каждого из трех нижних классов доступа и один — для обслуживания кольца. Три первые из этих тайм-аутов имеются только в станциях, использующих факультативную возможность назначения приоритетов; четвертый тайм-аут (обслуживание кольца) имеется во всех станциях;

тайм\_аут\_удержания\_маркера определяет время, в течение которого станция может передавать кадры данных соответствующего класса доступа.

**Переменные и функции ПМ\_КА.** Молчание шины — булевская переменная, которая устанавливается и сбрасывается ПМ\_КА, а читается только УД\_КА и принимает значение "истинно", когда физический уровень сообщает, что принято состояние молчания, и "ложно", когда принимается что-нибудь отличное от молчания;

ПМ\_кадр — запись, регистрируемая ПМ\_КА и обновляемая для отображения содержимого самого последнего принятого действительного кадра;

ПМ\_протокольный\_кадр устанавливается ПМ\_КА, считывается и сбрасывается УД\_КА; указывает, что принят действительный кадр и что тип этого кадра — один из протокольных кадров УДС;

ПМ\_кадр\_данных указывает, что принят действительный кадр и что тип этого кадра — кадр УЛЗ или кадр-диспетчера\_станции; устанавливается ПМ\_КА, считывается УД\_КА и ИНТ\_КА и сбрасывается только ИНТ\_КА;

пакет\_помех — булевская переменная, устанавливается ПМ\_КА, когда переменная "молчание шины" принимает значение "истинно" (шина переходит из состояния не\_молчание в состояние молчание) и если во время передачи не было опознано ни одного действительного кадра. Она сбрасывается УД\_КА после обработки условия "пакет помех".

**Прочие переменные и функции.** Следующие переменные и функции являются локальными по отношению к УД\_КА:

ВМ — адрес владельца маркера. Временный буфер загружается из поля АО кадра запрос\_преемника, кто\_следующий? или разрешение\_соперничества. Если передача кадра установить\_преемника выполняется как часть процесса соперничества, то адрес АП берется из ВМ.

СС — адрес следующей станции — адрес станции преемника в логическом кольце; СС устанавливается, когда станция, которая не знает своего преемника, опознает кадр

запрос\_преемника и соперничает за маркер, а также, когда станция опознает адресованный ей кадр установить\_преемника. Устанавливается в значение поля АП принятого кадра.

СС\_известен — булевская переменная, которая устанавливается в значение "истинно" всякий раз, когда станция получает адресованный ей кадр установить\_преемника. При выходе станции из логического кольца эта переменная устанавливается в значение "ложно";

ПС — адрес предшествующей станции, устанавливается в значение адреса отправителя последнего маркера, адресованного данной станции;

макс\_класс\_доступа — целочисленная константа, используется для инициации последовательности обработки ожидающей очереди кадров и устанавливается в значение 6 — наивысший класс доступа;

класс\_доступа — целое число, используемое для упорядочения классов доступа во время передачи кадров данных;

в\_кольце — булевская переменная устанавливается в значение "истинно", когда станция получает адресованный ей кадр маркера или успешно завершает процесс заявки маркера, и в значение "ложно", когда станция сама выходит из кольца;

станция\_ограниченной\_активности — булевская переменная, используемая с целью приведения в состояние молчания станций, имеющих неисправные приемники;

наинизший\_адрес — булевская переменная принимает значение "истинно", когда адрес станции преемника больше адреса данной станции, и значение "ложно" в остальных случаях;

передан\_маркер — булевская переменная устанавливается в значение "истинно", когда станция передает маркер, и в значение "ложно", когда станция опознает действительный кадр от другой станции;

опознано — переменная трех перечисленных ниже состояний, используемая в состоянии ожидания ответа: пусто (станция ничего не опознает за исключением своих собственных передач с начала процесса разрешения соперничества), конфликт (опознан пакет\_помех) и преемник (принят действительный кадр установить\_преемника);

счет\_передач\_заявки — целое число от 0 до макс\_счет\_заявок увеличивается на единицу после каждой передачи кадра заявка\_маркера;

счет\_прохождений\_соперничества — целое число от 0 до макс\_счет\_заявок увеличивается на единицу при каждой передаче владельцу маркера кадра установить\_преемника и определяет длительность пребывания станции в состоянии ЗАП-РОС\_ВХОЖДЕНИЯ;

задержка\_соперничества (цикл) — целочисленная функция, принимающая значения 0, 1, 2 или 3 и определяющая число интервалов\_ответа, на которые станция задерживается перед передачей запроса входа в логическое кольцо;

счет\_разрешений\_соперничества — целое число от 0 до макс\_счет\_заявок; используется для подсчета числа передач кадра разрешение\_соперничества, которые выполняет станция — владелец маркера;

счет\_передач\_маркера — целое число от 0 до  $2^8 - 1$ , определяет, когда станция должна открыть окно ответа; если оно равно 0, запрашивается новый преемник, если нет — счет уменьшается на единицу и передается маркер;

подавление\_КПК — булевская переменная, используемая в УД\_КА для указания на то, что текущий кадр должен быть передан без добавления КПК;

счет\_сбоев\_передатчика — целое число от 0 до 7, увеличивается на 1 с каждой новой попыткой передать маркер преемнику и используется для информирования о

том, что передатчик станции, вероятно, неисправен;

первые\_помехи — булевская переменная, которая принимает значение "истинно" при входе с состоянии ОЖИДАНИЕ\_ОТВЕТА и значение "ложно" после опознавания первого пакета помех. Если пакет помех опознается, когда эта переменная имеет значение "ложно", станция переходит в состояние ДЕЖУРНОЕ;

состояние\_передачи — переменная многих состояний, используемая для управления операциями с состоянии ПЕРЕДАЧА\_МАРКЕРА. В зависимости от значения этой переменной УД\_КА выполняет различные действия: передает (в том числе повторно) кадры запрос\_преемника, кто\_следующий? запрос\_преемника\_2, передает маркер, устанавливает значения других переменных, входит в состояние ожидание\_ответа и др.

### 4.3.3. Формализованное описание УД\_КА

Конечный автомат УД\_КА в любой момент может находиться в одном из 11 основных состояний. Его действия в этих состояниях и переходы из одного состояния в другое определяются значениями рассмотренных выше переменных.

Оценка значений переменных и действия УД\_КА в каждом его состоянии выражается синтаксисом, основанным на языке программирования Ада [15, 16]. В тех случаях, когда операции УД\_КА не могут быть представлены на языке Ада, используется описание на обычном языке, которое заключается в угловые скобки < >. Комментарии отмечаются двойным дефисом -- в начале каждой строки. При записи символов они заключаются в одиночные кавычки, а строки символов — в двойные. Использование системы счисления, отличающейся от десятичной, обозначается заключением числа в символы #, перед первым из которых стоит основание.

Набор ключевых слов, которые на языке Ада называются "зарезервированными идентификаторами", шире, чем в языке Паскаль. Дополнительно к приведенным в 3.3.1 используются следующие ключевые слова:

at	— при
generic	— родовой
is	— является
package	— пакет
range	— диапазон
rename	— переименование
return	— возврат
use	— использовать

Ключевые слова in, out, inout указывают вид связи параметра, который определяет назначение соответствующего аргумента: только для чтения, только для записи или как для чтения, так и для записи.

-- Константы и параметры

-- Все нижеперечисленное рассматривается в данном описании как константы с пониманием того, что многие из этих констант по существу являются параметрами станций, устанавливаемыми диспетчером станции

симв\_интервал: constant длительность := 1 / <сетевая скорость данных>

октетный\_интервал: constant длительность := 8 \* симв\_интервал;

интервал\_ответа: constant длительность := <специфичен для сети>;

-- в периодах октета

длина\_адреса: constant (16, 48); -- параметр сети

```

длительность_тайм-аута: constant целое := (2**21) * октетный_интервал;
-- только как пример
макс_счет_заявок: constant целое := (длина_адреса/2)+1;
макс_счет_передач_маркера: constant целое range 16...255 := <специфичен для сети>;
макс_длина_кадра: constant целое := (2**13 - 1); -- 8191
макс_длина_блока_данных: constant целое :=
    (макс_длина_кадра - (5+2*длина_адреса/8));
-- это даст 8174 при 48-битном адресе
-- и 8182 при 16-битном адресе
макс_класс_доступа: constant целое := 6;
обслуживание_кольца: constant целое := -2;
--
-- минимальное значение класса доступа
макс_счет_сбоев_передатчика: constant целое := 7;
-- следующие значения предельного времени даны в качестве примеров
время_удерж_маркера_высш_приор: constant время := 1000*период_октета;
макс_период_цирк_кл_дост_4: constant время := 4000*период_октета;
макс_период_цирк_кл_дост_2: constant время := 20 000*период_октета;
макс_период_цирк_кл_дост_0: constant время := 10 000*период_октета;
макс_время_обслуж_кольца: constant время := 25 000*период_октета;
-- конец примеров временных констант
-- Определения типов
type адрес is целое range 0 .. (2**длина_адреса - 1);
type адр_индекс is целое range 1 .. длина_адреса;
type счет_заявок is целое range 0 .. макс_счет_заявок;
type приоритет_УЛЗ is целое range 0 .. 7;
type приоритет_УДС is (0, 2, 4, 6);
type действия_УДС is (запрос_без_ответа, запрос_с_ответом, ответ);
type символ_УДС is (нуль, единица, не-данные, зап, плох_сигнал, молчание);
-- обозначаются также (0, 1, N, P, B, S)
subtype символ_данных is символ_УДС range нуль .. единица;
-- обозначается также D
type октет_данных is array (0 .. 7) of символ_данных;
type тип_блока_данных
    record
        длина: целое range 0 .. макс_длина_блока_данных := 0;
        данные: array (0 .. макс_длина_блока_данных)
            of октет_данных;
    end record;
type идентификатор_кадра is (управление_УДС,
    данные_ДИСП,
    данные_УЛЗ,
    данные_спец_назначения);
type тип_упр_кадра is (идк: идентификатор_кадра)
    record
        case идк is
            when управление_УДС => кддисптип: целое range 0 .. 63;
            when данные_УЛЗ,
                данные_ДИСП,

```

```

        специального_назначения =>
        record
            действие_УДС: действия_УДС := запрос_без_ответа;
            приоритет: приоритет_УЛЗ :=7;
        end record;
    end case;
end record;
for тип_упр_кадра use -- определяет структуру подполя
    record at мод 8
        идк                at 0 range 0 .. 1;
        типкддисп          at 0 range 2 .. 7;
        действие_УДС       at 0 range 2 .. 4;
        приоритет          at 0 range 5 .. 7;
    end record;
качество_услуг renames тип_упр_кадра;
type тип_КПК is array (0 .. 3) of октет_данных;
type кадр_общ_назначения is
    record
        УК: тип_упр_кадра;
        АП: адрес;
        АО: адрес;
        блок_данных: тип_блока_данных;
        КПК: тип_КПК;
    end record;
-- Состояние 8 (ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА) имеет семь подсостояний, каждое из которых
-- представляет собой различные аспекты процесса передачи маркера. Эти
-- подсостояния отслеживаются переменной состояние_передачи, которая
-- принадлежит к типу подсостояние_передачи_маркера.
type подсостояние_передачи_маркера is
    (запрос_преемника,
     передача_маркера,
     повтор_передача_маркера,
     передача_кто_следующий,
     повтор_кто_следующий,
     запрос_любой_станции,
     общее_число_сбоев);

Определения констант
нулевой_блок_данных: тип_блока_данных; -- имеет длину нуль
заявка_маркера: тип_упр_кадра := (управление_УДС,
                                     типкддисп => 2#000000#);
запрос_преемника_1: тип_упр_кадра := (управление_УДС,
                                     типкддисп => 2#100000#);
запрос_преемника_2: тип_упр_кадра := (управление_УДС,
                                     типкддисп => 2#010000#);
кто_следующий: тип_упр_кадра := (управление_УДС,
                                   типкддисп => 2#110000#);
разрешение_соперничества: тип_упр_кадра := (управление_УДС,
                                               типкддисп => 2#001000#);

```

```

маркер: тип_упр_кадра := (управление_УДС,
                           типкддисп => 2#000100#);
установить_преемника: тип_упр_кадра := (управление_УДС,
                                           типкддисп => 2#001100#);

-- Процедуры и пакеты
-- Пакеты родовых тайм-аутов
generic
  type время is целое range 0 .. длительность_тайм-аута;
  type метка is целое range симв_интервал .. интервал_ответа;
  инт_времени определяет дискретность тайм-аута или
  интервал счета
package тайм-аут (инт_времени: метка := октетный_интервал)
  procedure старт (иниц: in время);
  function значение return время;
  function истек return boolean;
end тайм-аут;
-- Тайм-ауты отсчитываются от значения "старт" вниз до нуля.
-- Каждый отсчет соответствует одной "метке", которая соответствует либо
-- одному интервалу ответа, либо восьми интервалам_символа в физической
-- среде.
function макс_незанятость_шины return интервал_ответа
  -- возвращает 6 интервалов_ответа, если адрес наименьший
  -- в противном случае — 7 интервалов_ответа
function заявка_блока_данных (cycle: in счет_заявок)
  return тип_блока_данных;
-- Возвращает блок данных с произвольным содержимым и с полем его длины
-- (указывая тем самым время его передачи), равным 0, 2, 4 или 6 интерва-
-- лам_ответа. Эта длина зависит от двух бит адреса, указанных циклом
-- сортировки адреса.
function задержка_ответа (ниже_ДС: in boolean)
  return интервал_ответа;
-- возвращает 0 интервалов_ответа, если ниже_ДС,
-- в противном случае — 1 интервал_ответа
function задержка_соперничества (cycle: in счет_заявок)
  return интервал_ответа;
-- Возвращает 0, 1, 2 или 3 интервалов ответа, основываясь на дополнении до единиц
-- двух бит адреса, указанных циклом сортировки адреса.
function ожидание_передачи (queue: in качество_услуг_УДС)
  return boolean;
-- Возвращает "истинно" при наличии ожидающего кадра в указанной очереди
-- ожидающих кадров.
function ожидание_какой-либо_передачи return boolean;
-- Возвращает "истинно" при наличии ожидающего кадра в любой из очередей
-- ожидающих кадров
procedure изъятие_ожидающего_кадра
  (очередь: in качество_услуг_УДС
   УК: out тип_упр_кадра;

```



```

        АП: out адрес;
        АО: out адрес;
        блок_данных: out тип_блока_данных;
        подавление_КПК: out boolean);
- - возвращает первый кадр из указанной очереди ожидающих кадров
procedure передача (УК: in тип_упр_кадра;
        АП: in адрес := <ДС ИЛИ глобальный ИЛИ любой правильно
                оформленный адрес>;
        АО: in адрес := <ДС>;
        блок_данных: in тип_блока_данных := нулевой_блок_данных;
        подавление_КПК: in boolean := ложно);
- - Передает указанный кадр последовательно по символам в физический уровень.
- - Если требуется подавление_КПК, то КПК не присоединяется и последние
- - четыре октета блока_данных служат в качестве КПК.

-- Булевские переменные
        шина_свободна: boolean;
        пакет_помех: boolean;
        первые_помехи: boolean;
        в_кольце: boolean;
        участие_в_кольце: boolean;
        передан_маркер: boolean;
        наименьший_адрес: boolean;
        СС_известен: boolean;
        питание_вкл: boolean;
        ПМ_протокольный_кадр: boolean;
        ПМ_кадр_данных: boolean;
станция_ограниченной_активности: boolean;
        подавление_КПК: boolean;

-- Адресные переменные
        ДС: адрес; - - данная станция
        СС: адрес; - - следующая станция
        ПС: адрес; - - предыдущая станция
        ВМ: адрес; - - владелец маркера
        получатель: адрес; - - адрес получателя
        отправитель: адрес; - - адрес отправителя

-- Счетчики
        счет_передач_заявок: счет_передач;
        счет_прохождений_соперничества: счет_заявок;
        счет_разрешений_соперничества: счет_разрешений;
        счет_передач_маркера: целое;
                                range 0 .. макс_счет_передач_маркера;
        счет_сбоев_передатчика: целое;
                                range 0 .. макс_счет_сбоев_передатчика;

-- Протокольные или кадровые блоки данных
        бдз: тип_блока_данных;
        сбд: тип_блока_данных;

-- Смешанные переменные

```

опознано: (пусто, конфликт, приемник);

состояние\_передачи: подсостояние\_передачи\_маркера;

класс\_доступа: целое -2 .. макс\_класс\_доступа;

ПМ\_кадр: кадр\_общего\_назначения;

-- Описание состояний и переходов состояний

-- Перечень состояний УД\_КА приведен в табл. 4.3, описание состояний и переходов

-- состояний УД\_КА – в табл. 4.4.

Таблица 4.3

**Перечень состояний и переходов состояний УД\_КА**

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
0. АВТОНОМНОЕ	Инициация	1. ДЕЖУРНОЕ
1. ДЕЖУРНОЕ	прием_маркера новый_приемник нет_приемника_1 ввод_запроса_вхождения восст_запроса_вхождения свой_кадр_1 дублир_адрес_1 "латание"_кольца несвободная_шина нет_маркера незанятая_станция опознана_другая_станция	5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА 1. ДЕЖУРНОЕ 1. ДЕЖУРНОЕ 2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ 2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ 1. ДЕЖУРНОЕ 0. АВТОНОМНОЕ 2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ 1. ДЕЖУРНОЕ 4. ЗАЯВКА_МАРКЕРА 1. ДЕЖУРНОЕ 1. ДЕЖУРНОЕ
2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ	продолжение_соперничества потеря_соперничества_2	3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА 1. ДЕЖУРНОЕ
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА	задержка_соперничества выигрыш_соперничества потеря_соперничества_3 конец_соперничества конец_всех_соперничеств неожидаемый_кадр_3 игнорирование_соперников игнорирование_помех длительная_неактивность_шины	2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА 1. ДЕЖУРНОЕ 1. ДЕЖУРНОЕ 0. АВТОНОМНОЕ 1. ДЕЖУРНОЕ 3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА 3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА 1. ДЕЖУРНОЕ
4. ЗАЯВКА_МАРКЕРА	потеря_сортировки_адресов продолжение_сортировки_адресов выигрыш_сортировки_адресов	1. ДЕЖУРНОЕ 4. ЗАЯВКА_МАРКЕРА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА	передан_кадр	6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА
	отсутствие_передачи	7. КОНТРОЛЬ_КЛАССА_ДОСТУПА
6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА	отсутствие_тайм-аута собственный_кадр_6	5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА 6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА
	игнорирование_помех_6	6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА
7. КОНТРОЛЬ_КЛАССА_ДОСТУПА	следующий_класс_доступа	5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА
	выход_из_кольца	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
	вып_запроса_преемника	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
	вып_передачи_маркера	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
	вып_запроса_любой_станции	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	открыто_одно_окно_ответа	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	открыто_два_окна_ответа	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	передача_маркера	9. КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА
	вопрос_кто_следующий	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	запрос_любой_станции	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	передача_молчания_себе	5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА
	станция_огранич_активности	1. ДЕЖУРНОЕ
	нет_преемника_8	1. ДЕЖУРНОЕ
	нет_перспективы	9. АВТОНОМНОЕ
9. КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА	передача_маркера_безуспешна	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
	собственный_кадр_9	9. КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА
	передача_хор	1. ДЕЖУРНОЕ
	не_гарантировано	9. КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА
	вероятно_хор	1. ДЕЖУРНОЕ

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА	нет_ответа	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
	успешное_разрешение	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
	собственный_адрес_10	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	опознан_преемник	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	конфликт	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	не ожидавшийся_кадр_10	1. ДЕЖУРНОЕ
	передача_разрешения	10. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
	разрешение_безуспешно	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА

Таблица 4.4

## Описание состояний и переходов состояний УД\_КА

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
0. АВТОНОМНОЕ	инициация	1. ДЕЖУРНОЕ
Вкл_питания	И УД_ИНИЦИАЦИЯ_ПРОТОКОЛА.запрос	
-- За инициацию подуровня УДС при включении питания		
-- несет ответственность ДИСП		
-- Информация о конфигурации, поставляемая ДИСП		
-- интервал_ответа (кратен октетному_интервалу)		
-- ДС (адрес данной станции)		
-- длина_адреса (предполагается в ДС)		
-- заданное_время_циркуляции (по одному для каждого из классов доступа 4,		
		2 и 0)
-- время_удержания_маркера_высш_приоритета		
-- макс_счет_передач_маркера		
-- нач_значение_таймера_обслуж_кольца		
-- и другие переменные, которые, возможно, потребуются инициировать		
-- Инициировать тайм-ауты, используемые в УД_КА		
package	тайм-аут_шина_свободна	is новый тайм-аут (инт_времени => интервал_ответа);
package	тайм-аут_соперничества	is новый тайм-аут (инт_времени => интервал_ответа);
package	тайм-аут_заявки	is новый тайм-аут (инт_времени => интервал_ответа);
package	тайм-аут_окна_ответа	is новый тайм-аут (инт_времени => интервал_ответа);

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
package	тайм-аут_передачи_маркера is	новый тайм-аут (инт_времени => интервал_ответа);
package	тайм-аут_удержания_маркера is	новый тайм-аут (инт_времени => период_октета);
package	тайм-аут_циркуляции_маркера	
is array (обслуживание_кольца .. 4) of	новый тайм-аут	
(инт_времени => октетный_интервал);		
- - использовано только - 2, 0, 2, 4		
в_кольце := false; - - установка начальных значений		
СС_известна := false; - - из переменных		
наименьший_адрес := false;		
станция_ограниченной_активности := false;		
передан_маркер := false;		
счет_сбоев_передатчика := 0;		
УД_СОБЫТИЕ.индикация (нет_преемника);		
тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины);		
1. ДЕЖУРНОЕ	прием_маркера	5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА
ПМ_протокольный_кадр		
И ПМ_кадр.УК = маркер		
И ПМ_кадр.АО /= ДС		
И ПМ_кадр.АП = ДС		
И в_кольце		
- - прием маркера		
станция_ограниченной_активности := false;		
ПС := ПМ_кадр.АО; - - установлен предшественник		
- - установка наивысшего класса_доступа		
класс_доступа := макс_класс_доступа;		
тайм-аут_удержания_маркера.старт (время_удерж_маркера_высшего_приоритета);		
ПМ_протокольный_кадр := false;		
1. ДЕЖУРНОЕ	новый_преемник	1. ДЕЖУРНОЕ
ПМ_протокольный_кадр		
И ПМ_кадр.УК = установить_преемника		
И ПМ_кадр.АО /= ДС		
И ПМ_кадр.АП = ДС		
И ПМ_кадр.блок_данных /= ДС		
- - опознан новый преемник		
СС := ПМ_кадр.блок_данных;		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
наименьший_адрес := (СС > ДС); СС_известен := true; станция_ограниченной_активности := false; счет_передач_маркера := 0; передан_маркер := false; УД_СОБЫТИЕ.индикация (новый_приемник); тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины); ПМ_протокольный_кадр := false;		
1. ДЕЖУРНОЕ	нет_приемника_1	1. ДЕЖУРНОЕ
ПМ_протокольный_кадр И ПМ_кадр.УК = установить_приемника И ПМ_кадр.АО /= ДС И ПМ_кадр.АП = ДС И ПМ_кадр.блок_данных = ДС - - приемник — сама станция — единственная станция в кольце СС := ПМ_кадр.блок_данных; СС_известен := false; - - ни одной станции в кольце станция_ограниченной_активности := false; счет_передач_маркера := 0; передан_маркер := false; УД_СОБЫТИЕ.индикация (нет_приемника); тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины); ПМ_протокольный_кадр := false;		
1. ДЕЖУРНОЕ	ввод_запроса_вхождения	2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ
ПМ_протокольный_кадр И ПМ_кадр.АО /= ДС И ПМ_кадр.АП /= ДС И НЕТ в_кольце - - не участвует в работе кольца И (участие_в_кольце ИЛИ ожидание_передачи) И ((ПМ_кадр.УК = запрос_приемника_1) И ПМ_кадр.УК > ДС И ПМ_кадр.АП < ДС) ИЛИ (ПМ_кадр.УК = запрос_приемника_2 И (ПМ_кадр.АО > ДС ИЛИ ПМ_кадр.АП < ДС))) - - Запрос_приемника опознан, что позволяет данной станции ответить в - - качестве возможного приемника		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
<p>- - Предполагается соперничество  счет_прохождений_соперничества := 0;  счет_передач_маркера := 0;  передан_маркер := false;  ВМ := ПМ_кадр.АО;      - - сохранение адреса текущего ВМ  СС := ПМ_кадр.АП;  наименьший_адрес := (ДС &lt; СС);  станция_ограниченной_активности := false;  - - инициация "истечения" тайм-аутов_циркуляции_маркера  тайм-аут_циркуляции_маркера (4).старт (0);  тайм-аут_циркуляции_маркера (2).старт (0);  тайм-аут_циркуляции_маркера (0).старт (0);  тайм-аут_циркуляции_маркера (обслуживание_кольца).старт  (нач_значение_тайм-аута_обслуживания_кольца);  тайм-аут_соперничества.старт (задержка_ответа (ДС &lt; ВМ));  ПМ_протокольный_кадр := false;</p>		
1. ДЕЖУРНОЕ	восст_запроса_вхождения	2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ
ПМ_протокольный_кадр И ПМ_кадр.АО /= ДС И ПМ_кадр.АП /= ДС И в_кольце И (участие_в_кольце ИЛИ ожидание_передачи) И ((ПМ_кадр.УК = запрос_посредника_1 И ПМ_кадр.АО > ДС И ПМ_кадр.АП < ДС) ИЛИ (ПМ_кадр.УК = запрос_посредника_2 И (ПМ_кадр.АО > ДС ИЛИ ПМ_кадр.АП < ДС))) - - Данная станция была в кольце, но в данное время она пропускается по - - некоторым причинам. - - Кадр запрос_посредника опознан, что позволяет данной станции ответить как - - возможному посреднику. - - Предполагается соперничество. счет_прохождений_соперничества := 0; счет_передач_маркера := 0; передан_маркер := false; ВМ := ПМ_кадр.АО; станция_ограниченной_активности := false; тайм-аут_соперничества.старт (задержка_ответа (ДС < ВМ)); ПМ_протокольный_кадр := false;		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
1. ДЕЖУРНОЕ	свой_кадр_1	1. ДЕЖУРНОЕ
(ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных)		
И ПМ_кадр.АО = ДС		
И передан_маркер		
-- игнорирование собственного кадра		
тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины);		
ПМ_протокольный_кадр := false;		
1. ДЕЖУРНОЕ	дублированный_адрес_1	0. АВТОНОМНОЕ
(ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных)		
И ПМ_кадр.АО = ДС		
И НЕТ передан_маркер		
-- Обнаружен дублированный адрес станции. Информирование диспетчера сети		
УД_ОТЧЕТ_ОБ_ОШИБКЕ.индикация (дублированный адрес);		
1. ДЕЖУРНОЕ	"латание"_кольца	2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ
ПМ_протокольный_кадр		
И ПМ_кадр.УК = кто_следующий		
И ПМ_кадр.АО /= ДС		
И ПМ_кадр.блок_данных = ПС		
И в_кольце		
-- Распознает сообщение кто_следующий? от предшественника предшествующей		
-- станции и отвечает сообщением установить_преемника, чтобы "залатать"		
-- кольцо после выхода из него неисправной станции (предшественника ДС).		
-- Возможно соперничество		
счет_прохождений_соперничества := 0;		
счет_передач_маркера := 0;		
передан_маркер := false;		
ДС := ПМ_кадр.АО;		
станция_ограниченной_активности := false;		
тайм-аут_соперничества.старт (0);		
ПМ_протокольный_кадр := false;		
1. ДЕЖУРНОЕ	несвободная_шина	1. ДЕЖУРНОЕ
пакет_помех		
-- шина не свободна		
-- сброс тайм-аута_неактивности_шины		
тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины);		
пакет_помех := false;		



Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
1. ДЕЖУРНОЕ	нет_маркера	4. ЗАЯВКА_МАРКЕРА
тайм-аут_неактивности_шины.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) И (ожидание_передачи ИЛИ (участие_в_кольце И НЕ станция_ограниченной_активности)) - - в случае выхода из строя приемника ДС - - нет маркера, поэтому передача заявки счет_передач_заявки := 1; бдз := блок_данных_заявки (счет_передач_заявки); передача (УК => заявка_маркера, блок_данных => бдз); тайм-аут_заявки.старт (1);		
1. ДЕЖУРНОЕ	незанятая_станция	1. ДЕЖУРНОЕ
тайм-аут_неактивности_шины.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) И НЕ ожидание_передачи И (НЕ участие_в_кольце ИЛИ станция_ограниченной_активности) - - Кольцо вышло из строя и ДС не нуждается в кольце. - - Сброс тайм-аута_активности_шины для захвата шины наименьший_адрес := false; в_кольце := false; СС_известен := false; УД_СОБЫТИЕ.индикация (нет_преемника); тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины);		
1. ДЕЖУРНОЕ	опознана_другая_станция	1. ДЕЖУРНОЕ
- - Примечание. Нижеследующее обуславливает инверсию совокупности всех - - изложенных выше условий приема_кадра, то-есть, предполагается то же, что - - и "в_противном_случае" или "ничего_из_вышеперечисленного". (ПМ_кадр_данных И НЕ ПМ_кадр_данных.АО = ДС) ИЛИ (ПМ_протокольный_кадр И НЕ - - любое из нижеследующего (ПМ_кадр.АО = ДС ИЛИ (ПМ_кадр.УК = установить_преемника ПМ_кадр.АП = ДС) ИЛИ (ПМ_кадр.УК = маркер И ПМ_кадр.АП = ДС		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода Выполняемое действие		
<p>И в_кольце)  ИЛИ (ПМ_кадр.УК = запрос_приемника_1  И (участие_в_кольце ИЛИ ожидание_передачи)  И ПМ_кадр.АП &lt; ДС  И ПМ_кадр.АО &gt; ДС)  ИЛИ (ПМ_кадр.УК = запрос_приемника_2  И (участие_в_кольце ИЛИ ожидание_передачи)  И ПМ_кадр.АП &lt; ДС)  ИЛИ (ПМ_кадр.УК = запрос_приемника_2  И (участие_в_кольце ИЛИ ожидание_передачи)  И ПМ_кадр.АП /= ДС  И ПМ_кадр.АО &gt; ДС)  ИЛИ (ПМ_кадр.УК = кто_следующий  И ПМ_кадр.блок_данных = ПС  И в_кольце)))  передан_маркер := false;  станция_ограниченной_активности := false;  тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незаяность_шины);  ПМ_протокольный_кадр := false;</p>		
2.ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ продолжение_соперничества тайм-аут_соперничества.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) передача (УК => установить_приемника, АП => ВМ, блок_данных => ДС); тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незаяность_шины);	3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА	
2.ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ потеря_соперничества_2 (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) -- исчезновение соперничества и событие повторного процесса в состоянии 1 -- ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ	1. ДЕЖУРНОЕ	
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА задержка_соперничества ПМ_протокольный_кадр И ПМ_кадр.УК = разрешение_соперничества -- задержка до следующей соперничающей передачи -- длительность задержки зависит от адресных битов, индексируемых -- посредством счета_прохождений_соперничества счет_прохождений_соперничества := счет_прохождений_соперничества + 1;	2. ЗАПРОС_ВХОЖДЕНИЯ	

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
тайм-аут соперничества.старт (задержка_соперничества (счет_прохождений_соперничества));		
ПМ_протокольный_кадр := false;		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА выигрыш_соперничества	5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА	
ПМ_протокольный_кадр		
И ПМ_кадр.УК = маркер		
И ПМ_кадр.АП = ДС		
-- здесь передается маркер, поэтому станция находится в кольце		
в_кольце := true;		
СС_известна := true;		
станция_ограниченной_активности := false;		
ПС := ПМ_кадр.АО;		
счет_сбоев_передатчика := 0;		
-- установить класс_доступа в наивысшее значение;		
УД_СОБЫТИЕ.индикация (новый_преемник);		
тайм-аут_удерж_маркера.старт (время_удерж_маркера_вышш_приор);		
ПМ_протокольный_кадр := false;		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА потеря_соперничества_3	1. ДЕЖУРНОЕ	
ПМ_протокольный_кадр		
И ПМ_кадр.АП /= ДС		
И ПМ_кадр.УК = маркер		
И счет_прохождений_соперничества < макс_счет_заявок		
-- Маркер передан другой станции. Соперничество закончено.		
-- Возврат в состояние ДЕЖУРНОЕ и повторная обработка события.		
-- ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА конец_соперничества	1. ДЕЖУРНОЕ	
ПМ_протокольный_кадр		
И ПМ_кадр.АП /= ДС		
И ПМ_кадр.УК = маркер		
И счет_прохождений_соперничества = макс_счет_заявок		
И счет_сбоев_передатчика < макс_счет_сбоев_передатчика		
-- продвижение к концу процесса соперничества, поэтому отсчитываются		
-- последовательные сбои для обнаружения неисправного передатчика.		
счет_сбоев_передатчика := счет_сбоев_передатчика + 1;		
тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины);		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА конец_всех_соперничеств	0. АВТОНОМНОЕ	
ПМ_протокольный_кадр		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
И ПМ_кадр.АП /= ДС И ПМ_кадр.УК = маркер И счет_прохождений_соперничества = макс_счет_заявок И счет_сбоев_передатчика $\geq$ макс_счет_сбоев_передатчика - - возможно условие "неисправный передатчик". - - предполагается наихудший случай УД_ОТЧЕТ_ОБ_ОШИБКАХ.индикация (неисправный_передатчик);		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА	неожидаемый_кадр_3	1. ДЕЖУРНОЕ
ПМ_кадр_данных ИЛИ (ПМ_протокольный_кадр И ПМ_кадр.УК /= маркер И ПМ_кадр.УК /= разрешение_соперничества И ПМ_кадр_УК /= установить_преемника) - - Ошибка синхронизации, вследствие которой соперничество должно быть - - закончено, осуществлен возврат в состояние ДЕЖУРНОЕ и выполнена - - повторная обработка события. - - ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА	игнорирование_соперников	3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА
ПМ_протокольный_кадр И ПМ_кадр.УК = установить_преемника - - игнорирование любых сообщений установить_преемника из ДС или других - - станций ПМ_протокольный_кадр := false;		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА	игнорирование_помех	3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА
пакет_помех - - игнорирование любого нераспознаваемого потока сигналов пакет_помех := false;		
3. ЗАДЕРЖКА_ЗАПРОСА	длительная_неактивность шины	1. ДЕЖУРНОЕ
тайм-аут_неактивности_шины.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) - - истечение тайм-аута_неактивности_шины, что вызывает немедленный - - возврат в состояние ДЕЖУРНОЕ - - ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ		
4.ЗАЯВКА_МАРКЕРА	потеря_сортировки_адресов	1. ДЕЖУРНОЕ
тайм-аут_заявки.истек		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
<hr/>		
И НЕ молчание_шины		
- - другие станции опознают и выходят из соперничества		
тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины);		
<hr/>		
4.ЗАЯВКА_МАРКЕРА продолжение_сортировки_адресов		4.ЗАЯВКА_МАРКЕРА
тайм-аут_заявки.истек		
И молчание_шины		
И счет_передач_заявки < макс_счет_заявок		
- - выполнить итерацию алгоритма многократной сортировки_адресов		
счет_передач_заявки := счет_передач_заявки + 1;		
- - сформировать блок_данных с интервалом_ответа длительностью 0, 2, 4 или 6		
бдз := блок_данных_заявки (счет_передач_заявки);		
передача (УК => заявка_маркера,		
блок_данных => бдз);		
тайм-аут_заявки.старт (1);		
- - задержка на один интервал_ответа		
<hr/>		
4.ЗАЯВКА_МАРКЕРА выигрыш_сортировки_адресов		5.ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА
тайм-аут_заявки.истек		
И молчание_шины		
И счет_передач_заявки >= макс_счет_заявок		
- - маркер не заявлен		
в_кольце := true;		
- - установить таймеры циркуляции_маркера в значение "истек"		
тайм-аут_циркуляции_маркера (4).старт (0);		
тайм-аут_циркуляции_маркера (2).старт (0);		
тайм-аут_циркуляции_маркера (0).старт (0);		
тайм-аут_циркуляции_маркера (обслуживание_кольца).старт (начальное_значение_тайм-аута_обслуживания_кольца);		
счет_передач_маркера := 0;		
- - установить класс_доступа в наивысшее значение		
класс_доступа := макс_класс_доступа;		
тайм-аут_удерж_маркера.старт (время_удерж_маркера_вышш_пр);		
<hr/>		
5.ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА передан_кадр		6.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА
ожидание_передачи (класс_доступа)		
И НЕ тайм-аут_удержания_маркера.истек		
- - передан один кадр пользователя_УДС текущего класса_доступа		
изъятие_ожидającego_кадра (очередь => класс_доступа,		
УК => управление_кадра,		
АО => отправитель,		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
<p>- - АО должен быть равен ДС кроме узлов коммутации  АП =&gt; получатель,  блок_данных =&gt; бдз,  подавление_КПК =&gt; подавить_КПК);</p> <p>передан (УК =&gt; управление_кадра,  АП =&gt; получатель,  АО =&gt; отправитель,  блок_данных =&gt; бдз,  подавление_КПК =&gt; подавить_КПК);</p>		
5.ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА	отсутствие_передачи	7.КОНТРОЛЬ_КЛАССА_ДОСТУПА
<p>НЕ ожидание_передачи (класс_доступа)  ИЛИ тайм-аут_удержания_маркера.истек  - - пора отдать маркер  - - установить следующий более высокий класс_доступа  класс_доступа := класс_доступа - 2;</p>		
6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА	отсутствие_тайм-аута	5.ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА
<p>управление_кадра.действие_УДС = запрошено_без_ответа  - - проверка наличия другого обслуживаемого запроса  - - ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ</p>		
6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА	собственный_кадр_6	6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА
<p>И ПМ_кадр.АО = ДС  И (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных)  - - проигнорировать собственный кадр  ПМ_протокольный_кадр := false;</p>		
6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА	игнорирование_помех_6	6. ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА_ИНТ_КА
<p>пакет_помех  пакет_помех := false;</p>		
7. КОНТРОЛЬ_КЛАССА_ДОСТУПА	следующий_класс_доступа	5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА
<p>класс_доступа &gt; обслуживание_кольца  - - загрузка таймера_удержания_маркера остатком из таймера_циркуляции_  - - маркера для данного уровня класса_доступа</p>		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
тайм-аут_удержания_маркера.старт (тайм-аут_циркуляции_маркера (класс_доступа).значение; - - повторный старт тайм-аута_циркуляции_маркера тайм-аут_циркуляции_маркера (класс_доступа).старт (заданное_время_ циркуляции (класс_доступа));		
7.КОНТРОЛЬ_КЛАССА_ ДОСТУПА	выход_из_кольца	8. ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
класс_доступа = обслуживание_кольца И СС_известен И НЕ участие_в_кольце И НЕ ожидание_передачи - - все уровни доступа проверены и все очереди пусты - - самоудаление из кольца и передача маркера следующей станции передача (УК => установить_приемника, АП => ПС, блок_данных => СС); в_кольце := false; СС_известна := false; - - СС будет неизвестен после передачи маркера состояние_передачи := передача_маркера; УД_СОБЫТИЕ.индикация (отсутствие_приемника);		
7.КОНТРОЛЬ_КЛАССА_выполнение_запроса_приемника ДОСТУПА		8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
класс_доступа = обслуживание_кольца И СС_известен И счет_передач_маркера = 0 И НЕ тайм-аут_циркуляции_маркера (обслуживание_кольца).истек - - все классы_доступа проверены и доступны при наличии возможности - - сейчас предлагается ввод в новую станцию состояние_передачи := запрос_приемника; - - повторный старт тайм-аута циркуляции маркера (обслуживание_кольца) тайм-аут_циркуляции_маркера (обслуживание_кольца).старт (заданное_время_циркуляции (обслуживание_кольца));		
7.КОНТРОЛЬ_КЛАССА_ ДОСТУПА	выполнение_передачи_ маркера	8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
класс_доступа = обслуживание_кольца И СС_известен И (участие_в_кольце ИЛИ ожидание_передачи) И (счет_передач_маркера > 0		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
ИЛИ тайм-аут_циркуляции_маркера (обслуживание_кольца).истек) -- все классы_доступа проверены и доступны при наличии возможности -- передача маркера следующей_станции состояние_передачи := передача_маркера; счет_передач_маркера := макс (счет_передач_маркера – 1, 0); -- повторный старт тайм-аута_циркуляции_маркера (обслуживание кольца) тайм-аут_циркуляции_маркера (обслуживание_кольца) старт (заданное_время _циркуляции (обслуживание_кольца));		
7.КОНТРОЛЬ_КЛАССА_ДОСТУПА	выполнение_запроса_любой_станции	8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
класс_доступа = обслуживание_кольца		
И НЕ СС_известен		
-- все классы_доступа проверены и доступны при наличии возможности -- необходимо найти какого-либо приемника состояние_передачи := запрос_любой_станции -- повторный старт тайм-аута_циркуляции_маркера (обслуживание кольца) тайм-аут_циркуляции_маркера (обслуживание_кольца).старт (заданное_время _циркуляции (обслуживание_кольца));		
-- Примечание к состоянию 8. Подсостояния ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА и их -- упорядочение: Состояние 8 имеет 7 подсостояний, каждое из которых -- представляет различные аспекты процесса передачи маркера. Эти -- подсостояния отслеживаются переменной состояние_передачи, которая -- относится к типу подсостояние_передачи_маркера. Определение этого -- типа повторно дано ниже. Функция подсостояние_передачи_маркера -- (запрос_приемника) — это встроенная в станцию-приемник функция языка -- Ада, позволяющая последовательно перейти к следующему подсостоянию, -- не зная имени текущего состояния. -- type подсостояние_передачи_маркера is (запрос_приемника, передача_маркера, повторная_передача_маркера, передача_кто_следующий, повтор_кто_следующий, запрос_какой-либо_станции, общее_число_сбоев);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	открыто_одно_окно_ответа	10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
передача_состояния = запрос_приемника		
И НЕ наименьший адрес		
-- открыть 1 окно ответа для станций с адресами между ДС и СС счет_прохождений_разрешения := 0;		



Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
опознано := пусто; ПМ_протокольный_кадр := false; пакет_помех := false; передача (УК => запрос_приемника_1, АП => СС); тайм-аут_окна_ответа.старт (1);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	открыто_два_окна_ответа	10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
состояние_передачи = запрос_приемника		
И наименьший_адрес		
- - открыть два окна ответа для станций с адресами меньшими или большими - - относительно любой станции кольца счет_разрешений_соперничества := 0; опознано := пусто; ПМ_протокольный_кадр := false; пакет_помех := false; передача (УК => запрос_приемника_2, АП => СС); тайм-аут_окна_ответа.старт (2);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	передача_маркера	9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА
состояние_передачи = передача_маркера		
ИЛИ состояние_передачи = повторная_передача_маркера		
- - передача_маркера передача (УК => маркер, АП => СС); передан_маркер := true; первые_помехи := true; - - используется в состоянии КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА ПМ_протокольный_кадр := false; пакет_помех := false; тайм-аут_передачи_маркера.старт (1);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	вопрос_кто_следующий	10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
состояние_передачи = передача_кто_следующий		
ИЛИ состояние_передачи = повтор_кто_следующий		
счет_прохождения_разрешений := 0; опознано := пусто; ПМ_протокольный_кадр := false; пакет_помех := false;		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
передача (УК => кто_следующий? блок_данных => СС); тайм-аут_окна_ответа.старт (3);           - - длительная задержка		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	запрос_любой_станции	10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
состояние_передачи = запрос_любой_станции - - передача маркера себе с двумя окнами ответа, приглашающими всех возмож- - - ных приемников; счет_прохождений_разрешения := 0; опознано := пусто; ПМ_протокольный_кадр := false; пакет_помех := false; передача (УК => запрос_приемника_2, АП => ДС); тайм-аут_окна_ответа.старт (2);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	передача_молчания_себе	5.ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_МАРКЕРА
состояние_передачи = общее_число_сбоев ИЛИ ожидание_передачи - - здесь станции еще отсутствуют, поэтому передача маркера себе, пока очередь - - на передачу не будет исчерпана установить наивысший класс_доступа класс_доступа := макс_класс_доступа; тайм-аут_удержания_маркера.старт (время_удерж_маркера_выш_приоритета);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	станция_ограниченной_активности	1.ДЕЖУРНОЕ
состояние_передачи = общее_число_сбоев И НЕ ожидание_передачи И станция_ограниченной_активности - - это состояние достигнуто в последний момент - - вероятно это единственная активная станция, поэтому переход в состояние - - ДЕЖУРНОЕ в_кольце := false; СС_известна := false; наименьший_адрес := false; тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незанятость_шины);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	нет_приемника_8	1.ДЕЖУРНОЕ
состояние_передачи = общее_число_сбоев И НЕ ожидание_передачи И НЕ станция_ограниченной_активности		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода		
Выполняемое действие		
И счет_сбоев_передатчика < макс_счет_сбоев_передатчика - - ни один приемник не найден. Возможен случай "глухой приемник" или - - "неисправный передатчик" - - предполагается наличие сбоя; не передавать маркер себе в_кольце := false; СС_известен := false; наименьший_адрес := false; станция_ограниченной_активности := true; счет_сбоев_передатчика := счет_сбоев_передатчика + 1; УД_СОБЫТИЕ.индикация (нет_приемника); тайм-аут_неактивности_шины.старт (макс_незаятность_шины);		
8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА	нет_перспективы	0.АВТОНОМНОЕ
состояние_передачи = общее_число_сбоев И НЕ ожидание_передачи И НЕ станция_ограниченной_активности И счет_сбоев_передатчика >= макс_счет_сбоев_передатчика - - не найден ни один приемник - - возможен случай "неисправный передатчик" - - предполагается худший случай УД_ОТЧЕТ_ОБ_ОШИБКАХ.индикация (неисправный_передатчик);		
9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА	передача_маркера_безуспешна	8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
тайм-аут_передачи_маркера.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) - - приемник не может принять и использовать маркер, в связи с чем переход к - - следующему подсостоянию ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА состояние_передачи := подсост_передачи_маркера (состояние_передачи);		
9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА	собственный_кадр_9	9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА
(ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных) И ПМ_кадр.АО = ДС - - игнорирование собственных передач - - также игнорирование предыдущих помех первые_помехи := true; ПМ_протокольный_кадр := false;		
9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА	передача_хор	1.ДЕЖУРНОЕ
(ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных)		

Текущее состояние Условие выхода Выполняемое действие	Имя перехода	Следующее состояние
И ПМ_кадр.АО /= ДС - - какая-то станция использует маркер - - повторная обработка кадра в состоянии 1 ДЕЖУРНОЕ - - ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ		
9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА пакет_помех И первые_помехи - - что-то опознано — либо: - - 1) кадр, переданный получателем маркера, - - либо 2) маркер, переданный ДС, был искажен - - ждать другой кадр первые_помехи := false; - - разрешена только одна передача по этой дуге кольца пакет_помех := false; тайм-аут_передачи_маркера.старт (4);	не гарантировано	9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА
9.КОНТРОЛЬ_ПЕРЕДАЧИ_МАРКЕРА тайм-аут_передачи_маркера.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ кадр_данных) И пакет_помех И НЕ первые_помехи - - опознан второй пакет помех — не может быть собственный маркер, вероятно, - - это маркер преемника - - повторная обработка события в состоянии 1 - - ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ	вероятно_хор	1.ДЕЖУРНОЕ
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА тайм-аут_окна_ответа.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) И счет_прохождений_соперничества = 0 И опознано = пусто - - тайм-аут_окна_ответа истек при постоянном молчании шины счет_передач_маркера := макс_счет_передач_маркера; состояние_передачи := подсостояние_передачи_маркера (запрос_преемника (состояние_передачи);	нет_ответа	8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА

Текущее состояние Условие выхода Выполняемое действие	Имя перехода	Следующее состояние
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА    успешное_разрешение тайм-аут_окна_ответа.истек И молчание_шины И опознан = приемник - - новый приемник найден и процесс разрешения закончен - - передача маркера новому приемнику и открытие окна ответа состояние_передачи := передача_маркера; УД_СОБЫТИЕ.индикация (новый_приемник); пакет_помех := false;		8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА    собственный_адрес_10 (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных) И ПМ_кадр.АО = ДС - - игнорирование собственных передач и передач желающих станций с одинаковым адресом - - кроме того игнорирование предыдущих пакетов помех опознано := пусто; ПМ_протокольный_кадр := false;		10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА    опознан_приемник ПМ_протокольный_кадр И ПМ_кадр_УК = установить_приемника И ПМ_кадр.АО /= ДС И ПМ_кадр.АП = ДС - - некоторый приемник опознан "в явном виде" СС := ПМ_кадр.блок_данных; наименьший_адрес := (СС > ДС); СС_известен := (СС /= ДС); станция_ограниченной_активности := false; опознан := приемник := false; счет_передач_маркера := 0; ПМ_протокольный_кадр := false; счет_сбоев_передатчика := 0; - - Примечание. Метод данной спецификации состоит в использовании записи - - последнего опознанного действительного сообщения установить_приемника - - для определения адреса приемника.		10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА пакет_помех И опознан /= приемник	конфликт	10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
- - образование конфликта из присутствия сигнала без действительного кадра		

Текущее состояние	Имя перехода	Следующее состояние
Условие выхода Выполняемое действие		
- - ожидание баланса окон ответа опознано := конфликт; пакет_помех := false;		
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА не_ожидавшийся_кадр_10 ПМ_кадр.АО /= ДС И (ПМ_кадр_данных ИЛИ (ПМ_протокольный_кадр И (ПМ_кадр.УК /= установить_преемника ИЛИ (ПМ_кадр.УК = установить_преемника И ПМ_кадр.АП /= ДС)))) - - некоторая другая станция, полагая, что она владеет маркером, делает отсроч- - - ку, выходя из соперничества - - повторная обработка кадра в состоянии 1 (ДЕЖУРНОЕ) - - ОТСУТСТВИЕ ДЕЙСТВИЙ		1.ДЕЖУРНОЕ
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА передача разрешения тайм-аут_окна_ответа.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) И опознано = конфликт И счет_разрешений_соперничества < макс_счет_заявок - - открываются другие 4 окна_ответа для прохождения разрешений опознано := пусто; счет_разрешений_соперничества := счет_разрешений_соперничества + 1; передача (УК => разрешение_соперничества); тайм-аут_окна_ответа.старт (4);		10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА
10.ОЖИДАНИЕ_ОТВЕТА разрешение_безуспешно тайм-аут_окна_ответа.истек И молчание_шины И НЕ (ПМ_протокольный_кадр ИЛИ ПМ_кадр_данных ИЛИ пакет_помех) И ((опознано = пусто И счет_разрешений_соперничества > 0) ИЛИ (опознано /= преемник И счет_разрешений_соперничества = макс_счет_заявок)) - - разрешение не достигнуто, других запросов не опознано, поэтому маркер - - передается известному преемнику счет_передач_маркера := 0; - - запросить преемников при следующей передаче состояние_передачи := подсист_передачи_маркера (запрос_преемника) (состояние_передачи);		8.ПЕРЕДАЧА_МАРКЕРА

## 4.4. УСЛУГИ И ПРОТОКОЛ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ И СПЕЦИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

### 4.4.1. Услуги физического уровня

Физический уровень обеспечивает два вида услуг: подуровню УДС своей станции и диспетчеру своей станции. Перечень и характеристики услуг физического уровня подуровню УДС приведены в табл. 4.5. Перечень и характеристики услуг физического уровня для диспетчера приведены в табл. 4.6.

### 4.4.2. Протокол физического уровня

Протокол физического уровня ориентирован на использование в качестве физической среды полужесткого коаксиального 75-омного магистрального кабеля. Протокол допускает использование трех методов кодирования символов УДС в среде указанного типа и соответственно трех различных логических объектов физического уровня: метод фазонепрерывной модуляции (Phase continuous frequency shift); метод фазокогерентной модуляции (Phase Coherent FSK) и метод многоуровневой двубинарной амплитудно-фазовой модуляции – АФМ (Multilevel duobinary AM/PSK).

Основные характеристики физических интерфейсов и физического уровня ЛВС ЦИМД для трех перечисленных методов кодирования сигналов приведены в табл. 4.7.

При использовании метода фазонепрерывной модуляции сдвигом частоты физическая среда представляет собой неразветвленный магистральный кабель, к которому станции подключаются посредством очень коротких (до 35 мм) тупиковых ответвительных кабелей сопротивлением 35...50 Ом через пассивные Т-образные соединители серии BNC. Расширение топологии шины до разветвленной может осуществляться путем использования регенеративных повторителей (РП).

Магистральный кабель имеет на обоих концах нагрузочные сопротивления, согласующие импеданс (терминаторы). Поскольку уровни передачи не превышают 60 дБ, номинальная мощность 0,25 Вт считается достаточной. Ответвительные кабели представляют высокий шунтирующий импеданс для Т-образных соединителей и не имеют терминаторов. Линейный сигнал в магистральном кабеле представляет собой фазомодулированный сигнал с несущей частотой 5 МГц.

Каждый символ УДС перекодируется на интерфейсе с физическим уровнем в один или несколько символов ФИЗ из набора: Н, L, ВЫКЛ. Соответствие символов ФИЗ и УДС можно видеть из табл. 4.7. Символы ФИЗ поступают на вход двухчастотного модулятора, где символ Н преобразуется в тональную частоту  $6,25 + 0,08$  МГц, символ L – в тональную частоту  $3,75 + 0,08$  МГц, символ ВЫКЛ представляется отсутствием сигнала. Переход между двумя частотами должен осуществляться непрерывно и монотонно в пределах до 100 нс с максимально допустимым искажением амплитуды 10%.

Символы ЗАП, в совокупности образующие преамбулу каждого кадра, обеспечивают подготовку приемника и ненулевой межкадровый интервал. Эти символы кодируются и декодируются как чередующаяся последовательность двоичных нулей и единиц.

При фазокогерентной модуляции сдвигом частоты физическая среда представляет собой магистральный кабель, к которому станции подключаются через ответвительные кабели небольшого диаметра сопротивлением 75 Ом и согласующие импеданс ненаправленные соединители серии F.

Услуги физического уровня для подуровня УДС в ЛВС ШМД

Наименование примитива	Параметр	Назначение	Действия при приеме
ФИЗ_БЛОК_ДАНЫХ.запрос	Символ	Запрос физическому уровню передать конкретный символ в физическую среду	Физический уровень кодирует полученный символ, передает его в физическую среду и отвечает УДС локальным примитивом
ФИЗ_БЛОК_ДАНЫХ.индикация	Символ	Информирование УДС о получении из физической среды конкретного символа	Не определены
ФИЗ_РЕЖИМ.запрос	Режим (инициация, ретрансляция)	Установление конкретного режима работы физического уровня	Физический уровень выбирает соответствующий режим работы
ФИЗ_ИНФОРМИРОВАНИЕ.запрос	Отсутствует	Информирование физического уровня об обнаружении поля КО кадра и о последующем поступлении символов "молчание" и "заполнитель"	Определяются конкретная реализацией



Услуги физического уровня для диспетчера станции в ЛВС ШМД

Наименование примитива	Параметры	Назначение	Действия при приеме
ФИЗ_СБРОС.запрос	Отсутствуют	Запрос физическому уровню выполнить собственный сброс, сообщить вид топологии сети и свою роль в ней	Физический уровень выполняет собственный сброс и сообщает запрашиваемые сведения
ФИЗ_СБРОС.ответ	Вид топологии, роль уровня	Информирование диспетчера о выполнении соответствующего запросного примитива	Диспетчер использует полученные параметры
ФИЗ_РЕЖИМНЫЕ_ВОЗМОЖНОСТИ.запрос	Класс режимов	Запрос общих возможностей физического уровня в отношении конкретного режима работы	Физический уровень сообщает в ответном примитиве запрашиваемые сведения
ФИЗ_РЕЖИМНЫЕ_ВОЗМОЖНОСТИ.ответ	Класс режимов, перечень возможностей	Передача диспетчеру запрошенных сведений о режимах возможностей физического уровня	Не определены
ФИЗ_ТЕКУЩИЕ_ВОЗМОЖНОСТИ.запрос	Класс режимов	Запрос о текущих возможностях физического уровня в отношении конкретного режима работы	Физический уровень сообщает в ответном примитиве запрашиваемые сведения
ФИЗ_ТЕКУЩИЕ_ВОЗМОЖНОСТИ.ответ	Класс режимов, перечень возможностей	Передача диспетчеру запрошенных сведений о текущих возможностях физического уровня	Не определены
ФИЗ_ВЫБОР_РЕЖИМА.запрос	Класс режимов, новый режим	Запрос физическому уровню изменить текущий режим работы на требуемый	Физический уровень пытается изменить текущий режим работы на требуемый и выдает ответный примитив

Физ_выбор_режима. ответ	Класс режимов, состояние	Информирование диспетчера об успешности или безуспешности выполнения предыдущего запросного примитива	Не определены
Физ_изменение_ режима.индикация	Отсутствуют	Информирование диспетчера об изменении текущего режима работы физического уровня, произошедшем после обмена примитивами	Не определены

Характеристики физических интерфейсов и физической среды в ЛВС ПМД			
Характеристика	Модуляция сигналов		
	Фазонепрерывная сдвигом частоты	Фазокогерентная сдвигом частоты	Многоуровневая двубинарная амплитудно-фазовая
Тип физической среды	Ненаправленный коаксиальный 75-омный кабель	Ненаправленный коаксиальный 75-омный кабель	Двухнаправленный коаксиальный 75-омный кабель
Ответительный кабель	Коаксиальный гибкий тупиковый длиной до 350 м, сопротивлением 35...50 Ом	Коаксиальный гибкий тупиковый длиной до 30 м, сопротивлением до 75 Ом	Коаксиальный гибкий тупиковый длиной до 30 м, сопротивлением до 75 Ом
Соединитель со станцией	Вилка серии BNC сопротивлением 50 Ом	Гнездо серии F сопротивлением 75 Ом	Гнездо серии F сопротивлением 75 Ом

Таблица 4.7

Характеристика	Модуляция сигналов	
	Фазопрерывная сдвигом частоты	Фазокогерентная сдвигом частоты
		Многоуровневая двубинарная амплитудно-фазовая
Соединитель с магистралью	Т-образный ненаправленный пассивный, без согласования импедансов, 75 Ом	Пассивный ненаправленный согласующий импедансы тройник, 75 Ом
		Пассивный ненаправленный согласующий импедансы тройник, 75 Ом
Скорость передачи, Мбит/с	1+0,01 % для станции отправителя 1+0,015 % для станции ретранслятора	5...10+0,01 % для станции отправителя 5...10+0,015 % для станции ретранслятора
		1+0,005 % 5+0,005 % 10+0,005 %
Кодирование символов УДС		
Ноль, 000...	NL NL NL NL ...	NN NN NN NN ...
Единица, 111 ...	LN LN LN LN ...	LL LL LL LL ...
Не-данные, Заполнитель, PPP ...	LL NN LL NN ...	NL LN NL LN ...
Молчание, MMMM ...	LN NL LN NL ...	LL LL LL LL ...
	ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ ...	ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ ...
		4 4 4 4 ... 0 0 0 0 ... 2 2 2 2 ... 4 0 4 0 ... 2 2 0 4 2 2 0 4 ...
Поддержание синхронизации	Переходами уровней сигналов манчестерского кода	Пересечением нулевого уровня принимаемых сигналов
		Переходами уровней принимаемых сигналов

Спецификация модема	V.36 МККТТ	V.36 МККТТ	Н.14 МККТТ
Несущая частота, МГц	5	2...30	1, 5, 6, 12
Уровень передачи, дБ	+54...+60	+60...+63	
Чувствительность приемника, дБ (1 мВ; 37,5 Ом) дБмВ	+24...+60	-15...+66	
Максимальный коэффициент стоячей волны на соединителе с ответвителем	1,5:1 при активной нагрузке 37,5 Ом в спектре частот от 3 до 7 МГц	1,5:1 при активной нагрузке 75 Ом в спектре частот от 2 до 30 МГц	1,5:1 при активной нагрузке 75 Ом в спектре частот 5...450 МГц
Остаточный входной сигнал включенного передатчика, дБ	≤-26	≤-28	70 (относительно модулируемого сигнала)
Фазовое дрожание разделения сигнала УДС, % длительности символа	1	2	

Посредством распределителей мощности возможно разветвление как магистрального, так и ответвительных кабелей с образованием древовидного соединения без корневого узла. Расширение топологии за пределы, обеспечиваемые приемниками и передатчиками станций, возможно посредством активных регенеративных повторителей, включаемых последовательно в кабельную магистраль.

На обоих концах магистрального кабеля, станционном конце ответвительного кабеля и всех неиспользуемых входах соединителя установлены согласующие импеданс 75-омные терминаторы. Поскольку уровни передачи составляют примерно 60 дБ, номинальная мощность 0,25 Вт считается достаточной.

В рассматриваемом методе используется прямое кодирование символов данных и не данных. При этом используются две частоты модуляции: нижняя 1 Гц/бит/с (т.е. 5 МГц при 5 Мбит/с и 10 МГц при 10 Мбит/с) и верхняя 2 Гц/бит/с (т.е. 10 МГц при 5 Мбит и 20 МГц при 10 Мбит/с) с изменением частоты при переходе модулируемого сигнала через нулевой уровень.

Соответствие символов ФИЗ символам УДС можно видеть из табл. 4.7.

Символы Н, L и ВЫКЛ должны преобразовываться на физическом уровне в линейный сигнал следующим образом: символ Н представляется полным циклом сигнала, равным половине периода символа УДС, символ L — половиной цикла сигнала, равной периоду символа УДС, с изменением фазы на каждом полупериоде, символ ВЫКЛ — отсутствием сигнала в течение половины периода символа УДС.

Символы ЗАП используются так же, как и в предыдущем методе.

Метод многоуровневой двубинарной АФМ позволяет организовать широкополосную шину на основе двунаправленной (с разделением частот) системы коаксиального кабеля или двухкабельных однонаправленных систем, или сочетания систем обоих типов.

Двунаправленная система использует двунаправленные усилители, образованные из двух однонаправленных усилителей с фильтрами перекрестных помех. Один из усилителей передает верхнюю часть небольшого спектра сигналов в прямом направлении, другой — нижнюю часть спектра в обратном направлении (к станции-распределителю). Станции подключаются к такой системе посредством ответвительных кабелей небольшого диаметра через согласующие импеданс пассивные соединители серии F с высокой направленностью передачи сигналов.

В двухкабельных системах используются обычные стандартные соединители, ответвители, усилители и коаксиальные кабели.

Системы обоих типов обеспечивают трехуровневую двубинарную АФМ и способны передавать 1 символ УДС/Гц. Возможна также организация передачи по 2 и 4 символа УДС/Гц.

Каждый символ УДС преобразуется на интерфейсе с физическим уровнем в один или несколько символов ФИЗ из набора: 0, 2, 4. Соответствие символов ФИЗ символам УДС представлено в табл. 4.7.

Для устранения длинных последовательностей одноуровневых сигналов символы ФИЗ подаются на вход скремблера, где эквивалентный полином последовательности символов делится на образующий полином  $1+x^6+x^7$  и частное от деления подается на вход модулятора. Последний преобразует символы ФИЗ в трехуровневые АФМ сигналы, где амплитуда каждого импульса прямо пропорциональна цифровому значению соответствующего символа ФИЗ: 0 — минимальная амплитуда, 4 — максимальная амплитуда, 2 — средняя амплитуда.

Система обеспечивает три стандартные скорости передачи данных 1, 5 и 10 Мбит/с,

Частотно-амплитудные параметры системы с АФМ

Скорость передачи, Мбит/с	Требуемая полоса частот, МГц	Диапазон выходного уровня передаваемого сигнала, дБ	Диапазон уровней сигналов на выходе станции, дБ
1	1,5	+24...+44	-16...+4
5	6	+30...+50	-10...+10
10	12	+33...+53	-7...+13

Таблица 4.9

Минимально допустимая длина преамбулы в системе с АФМ

Скорость передачи, Мбит/с	В начале передачи		Между кадрами	
	Число символов УДС	Время передачи, мкс	Число символов УДС	Время передачи, мкс
1	32	32,0	8	8,0
5	32	6,4	16	3,2
10	32	3,2	24	2,4

каждая с допуском + 0,005 %. Частотно-амплитудные параметры сигналов системы с АФМ для каждой скорости передачи приведены в табл. 4.8. Минимально допустимые длины преамбулы в системе с АФМ для каждой скорости передачи приведены в табл. 4.9.

Во всех трех рассмотренных методах кодирования сигналов в ЛВС ШМД для защиты сети от возможных неисправностей станций каждая станция выполняет "сторожевую" функцию в отношении своего передатчика: если передатчик не выключается после установленного периода времени (примерно полсекунды), его выход автоматически блокируется, по меньшей мере, до окончания передачи.

Для всех применений ЛВС ШМД обязательными функциями физического уровня всех станций являются функции передачи и приема символов, а также сторожевая функция.

## 4.5. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ

Небольшие системы могут быть построены с использованием лишь гибкого коаксиального кабеля и пассивных согласующих импеданс соединителей. Для построения более крупных систем требуются полужесткие магистральные кабели, гибкие ответвительные кабели, усилители и источники питания. Сильно разветвленные системы

могут быть построены с использованием станций-распределителей (ремодуляторов) в корне основного ствола древовидной структуры и в корне каждой ветви этого дерева.

К настоящему времени опыт применения шины с передачей маркера пока небольшой. Самой крупной из поставляемых ЛВС ШМД является сеть ARCNET фирмы Datapoint, функционирующая по принципу передачи маркера в физической среде, организованной в форме "звезды", которую можно рассматривать как широкополосную шину. Сеть обеспечивает взаимодействие между мини-ЭВМ фирмы Datapoint и распределение функций между ними. Каждый "прикладной процессор" имеет несколько своих терминалов и может совместно с другими такими же процессорами обращаться к файлам "файлового процессора".

Сеть ARCNET может подключаться через шлюз к ЭВМ фирмы IBM. К ней могут подключаться также интерфейсы для графических и факсимильных устройств.

Основная проблема применения ЛВС ШМД — сложность алгоритмов ее функционирования. Однако снижение стоимости электронных компонентов уменьшило значение этого фактора, и в 1980-х гг. несколько других поставщиков объявили о разработке ЛВС ШМД.

## Раздел 5

### КОЛЬЦО С МАРКЕРНЫМ ДОСТУПОМ

#### 5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 5.1.1. Основные понятия

Определения понятий "кольцевая сеть", "кадр маркера" и "процедура передачи маркера" даны в 1.1.1 и 4.1.1.

Кольцевая сеть с маркерным доступом КМД (Token-ring network) — сеть, в которой методом доступа к среде служит процедура передачи маркера.

Кольцевая задержка (Ring latency) — время, измеряемое в битовых интервалах при данной скорости передачи, необходимое для однократного распространения сигналов по всему кольцу. Это время складывается из задержки тракта передачи и суммы всех станционных задержек.

Монитор (Monitor) — набор функций по обработке различных ошибочных ситуаций, обеспечиваемый каждой станцией кольца. В каждый момент только одна станция кольца может функционировать в режиме активного монитора, остальные станции должны находиться в режиме дежурного монитора.

Групповая передача кадров (Multiple frame transmission) — передача станцией нескольких кадров данных за однократный период владения маркером.

Заполнитель (Fill) — последовательность бит 0, либо 1, либо произвольная комбинация этих бит.

##### 5.1.2. Состояние стандартизации

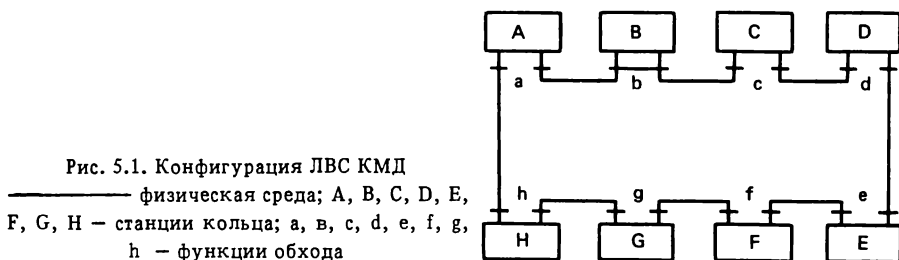
Стандарты ANSI/IEEE 802.5, ECMA-89 и основанный на них стандарт МС 8802-5 определяют протокол и услуги подуровня УДС и физического уровня ЛВС кольцевого типа с маркерным доступом (КМД) к физической среде.

Первая редакция стандарта МСХ 8802-5 определяет один тип физической среды — экранированный двухпарный симметричный кабель для скоростей передачи 1...4 Мбит/с и параметры физического уровня, ориентированные на эту физическую среду. В дальнейшем планируется расширение стандарта на физические среды других типов (коаксиальные, волоконно-оптические кабели) и более высокие скорости передачи.

В частности, в МСХ/МЭК ОТК1/ПК6 проводится разработка дополнений к МСХ 8802-5 [17 — 19], определяющих параметры станции обслуживания (сервера), передачу данных со скоростью 16 Мбит/с и функции диспетчера станции.

### 5.1.3. Принципы управления доступом

Конфигурация ЛВС КМД представлена на рис. 5.1. Для обеспечения станциям ЛВС доступа к физической среде по кольцу циркулирует кадр маркера (КМ) строго заданного формата. Получив КМ, станция анализирует его, при необходимости модифицирует и при отсутствии у нее данных для передачи обеспечивает его продвижение к следующей станции. Станция, которая имеет данные для передачи, при обнаружении КМ изымает его из кольца, что дает ей право доступа к физической среде и передачи своих данных. Затем эта станция выдает в кольцо кадр данных (КД) установленного формата последовательно по битам. Переданные данные проходят по кольцу всегда в одном направлении от одной станции к другой.



При поступлении КД к адресуемой(ым) станции(ям) эта(и) станция(ии) "копирует(ют)" для себя этот КД и выдает(ют) подтверждение приема. Станция, выдавшая КД в кольцо, при обратном его получении с подтверждением приема изымает этот кадр из кольца и выдает новый КМ для обеспечения возможности другим станциям ЛВС передавать данные.

Время удержания одной станцией маркера и занятости ею кольца ограничивается тайм-аутом удержания маркера ТУМ (см. 5.2.2). Для различных видов сообщений передаваемым данным могут назначаться различные приоритеты. Каждая станция имеет механизмы обнаружения неисправностей сети, возникающих в результате ошибок передачи или переходных явлений (например, при подключении и отключении станции), и устранения этих неисправностей. Для обнаружения таких ситуаций и восстановления работоспособности кольца используются контрольная последовательность кадра, тайм-ауты и сетевые мониторные функции.

Архитектура ЛВС КМД соответствует рис. 1.1, в. Для реализации своего протокола подуровень УДС пользуется услугами физического уровня и диспетчера станции (ДИСП).



## 5.2. УСЛУГИ И ПРОТОКОЛ ПОДУРОВНЯ УДС

### 5.2.1. Услуги подуровня УДС

Подуровень УДС во взаимодействии с физическим уровнем предоставляет услуги для УЛЗ и ДИСП. Услуги, предоставляемые УДС для УЛЗ, приведены в табл. 2.5, а для диспетчера — в табл. 5.1.

### 5.2.2. Типы и форматы кадров

Как и в ЛВС ШМД, вся информация на подуровне УДС должна передаваться в виде кадров (кадры данных КД, кадр маркера КМ, кадр прерывания КП) и заполнителя. Формат КД в ЛВС КМД приведен на рис. 5.2, формат КМ — на рис. 5.3, формат КП и его назначение такие же, как в ЛВС ШМД (см. рис. 4.2). Последовательность передачи полей кадра и разрядов полей та же, что и для кадров ШМД.

В качестве заполнителя используется последовательность бит 0 или 1 или же произвольная комбинация этих бит любой длительности с учетом ограничения ТУМ. Передающая станция выдает заполнитель до готовности к передаче и некоторое время после передачи любого кадра с целью устранения неактивного или неопределенного состояния передатчика.

Поле НО представляет собой комбинацию бит JK0JK000, где J и K — символы “не данные”, назначение которых приведено в 5.4.2. Любой кадр должен начинаться указанной восьмибитной последовательностью. При ее отсутствии в начале кадра или при ее искажении кадр должен рассматриваться как недействительный.

Поле УД имеет вид RPPTMRRR. Здесь Р — бит приоритета кадра, который зависит от приоритета протокольного блока данных (ПБД) и может принимать значения от 0 до 7. Бит маркера Т принимает значение 0 в КМ и 1 в КД. Когда станция, имеющая ПБД для передачи, обнаруживает КМ с приоритетом, меньшим или равным приоритету имеющегося на станции ПБД, она использует поля НО и УД этого КМ в качестве начала последовательности кадра данных (НПК) и передает ПБД в поле ИНФ кадра, при этом бит маркера Т должен быть установлен в 1. Бит монитора М устанавливается в 1 после первого обращения КД или КМ по кольцу и служит для предотвращения длительного циркулирования кадра. Когда станция — активный монитор обнаруживает КД или КМ нулевого приоритета с битом М=1, она прерывает передачу этого кадра. Биты резервирования приоритета R используются с целью предварительного запроса станцией требуемого приоритета.

Поле УК определяет тип КД, а также его функции и имеет вид FFZZZZZZ, где F — биты типа кадра, принимают значения 00 для кадра УДС (содержит ПБД УДС), 01 для кадра УЛЗ (содержит ПБД УЛЗ) и 1X зарезервированы для будущих применений.

Если биты FF указывают кадр УДС, то все станции, подключенные к кольцу, должны интерпретировать биты управления ZZZZZZ и, основываясь на конечном сос-

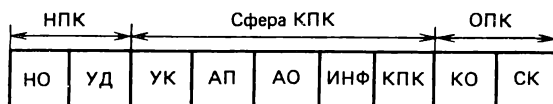


Рис. 5.2. Формат кадра данных в ЛВС КМД

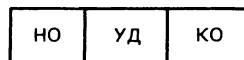


Рис. 5.3. Формат кадра маркера в ЛВС КМД

Услуги подуровня УДС для диспетчера в ЛВС КМД

Наименование примитива	Параметры	Назначение	Действия при приеме
УДС_ИНИЦИАЦИЯ_ПРОТОКОЛА.запрос	Адреса станций, номер кольца, значения тайм-аутов, максимальные значения счетчиков, приоритет	Сброс и при необходимости изменение рабочих параметров УДС	УДС сбрасывает свой протокол, устанавливает адреса станций, значения тайм-аутов и выдает подтверждение
УДС_ИНИЦИАЦИЯ_ПРОТОКОЛА.подтверждение	Состояние	Информирование диспетчера о результате выполнения запросного примитива	Не определены
УДС_УПРАВЛЕНИЕ.запрос	Управляющее действие (общий сброс, подключение к кольцу)	Управление операциями и функциями УДС	УДС выполняет предписанные действия
УДС_СОСТОЯНИЕ.индикация	Отчет о состоянии	Информирование диспетчера об изменениях, состояниях, ошибках	Не определены
УДС_ДИСП_БЛОК_ДАННЫХ.запрос	АП, АО, данные, приоритет, класс услуг	Передача СБД от диспетчера в УДС	УДС формирует КД и направляет его для передачи диспетчеру другой(их) станции(й)
УДС_ДИСП_БЛОК_ДАННЫХ.индикация	АП, АО, данные, приоритет, класс услуг	Информирование диспетчера о приеме КД из физического уровня для данной станции	Зависят от правильности и содержимого принятого КД
УДС_ДИСП_БЛОК_ДАННЫХ_СОСТОЯНИЕ.индикация	АП, АО, состояние передачи, приоритет, класс услуг	Информирование диспетчера о результате выполнения запросного примитива	Не определены

стоянии станции, действовать в соответствии со значениями этих бит. Если биты FF указывают кадр УЛЗ, то биты ZZZZZZ рассматриваются как ггҮҮҮҮ, где биты г являются резервными, должны устанавливаться в 0 во всех передаваемых кадрах и игнорироваться при приеме, а биты У могут использоваться для переноса приоритета  $P_m$  ПБД от логического субъекта УЛЗ-источника к адресуемому(ым) логическому(им) объекту(ам) УЛЗ. При этом приоритет Р в поле УД должен быть меньше или равен приоритету  $P_m$  при передаче КД по кольцу.

Размеры полей АП и АО, типы адресов (индивидуальные, групповые, глобальный, нулевой) и их использование такие же, как и в кадре УДС ЛВС ШСД. Однако структура адресов кадра УДС в ЛВС КМД рассчитана как на однокольцевые ЛВС, все станции которых имеют один и тот же номер кольца, так и на ЛВС, состоящие из нескольких кольцевых подсистем, соединенных между собой одной или несколькими ретрансляторами (мостами). Иерархическая организация адресов УДС позволяет мосту использовать прямой алгоритм распознавания кадров, адресованных станциям других колец. Формат иерархических адресов одинаков для АП и АО и показан на рис. 5.4.

Первый бит поля адреса И/Г определяет этот адрес как индивидуальный (И/Г=0) или групповой (И/Г=1). Второй бит У/Л используется только при шестиоктетной адресации и указывает способ назначения адресов: универсальная адресация (У/Л=0) или локальная адресация (У/Л=1).

Область "номер кольца" принимает двоичное значение номера того кольца, в котором работает адресуемая(ые) станция(ии) (в поле АП) или станция-отправитель кадра (в поле АО). При однокольцевой структуре ЛВС или неизвестном номере кольца эта область заполняется нулями.

Станции кольца должны обладать возможностью передавать информацию некоторым логическим объектам, которые ориентированы на выполнение определенных функций и могут размещаться в любом узле или группе узлов, подключенных к кольцу. Для этой цели при групповой адресации станций (бит И/Г=1) первый бит области "адрес станции" определяет режим адресации: обычная групповая адресация (бит равен 1) или функциональная адресация (бит равен 0). При функциональной адресации области "адрес станции" кодируется позиционно и каждый бит этой области представляет собой отдельный групповой адрес. Таким образом, при двухоктетной адресации общее число групповых адресов равно 7, при шестиоктетной — 31. Перечень функциональных адресов и функциональных логических объектов приведен в табл. 5.2.

Поле информации (ИНФ) может иметь любую длину, кратную октету с учетом ограничения ТУМ. Формат поля ИНФ зависит от типа КД (кадр УДС или кадр УЛЗ). Для кадров УЛЗ формат поля ИНФ не определен в существующих редакциях стандартов. Все станции ЛВС должны, однако, воспринимать КД, поле ИНФ которых может иметь длину до 133 октетов включительно.

И/Г	Номер кольца	Адрес станции
1	7	8

а)

И/Г	У/Л	Номер кольца	Адрес станции
1	1	14	32

б)

Рис. 5.4. Формат иерархических адресов кадров УДС:

а — двухоктетный адрес; б — шестиоктетный адрес; И/Г — индивидуальный/групповой адрес; У/Л — универсальная/локальная адресация

Функциональные логические объекты УДС и их адреса

Логический объект	Функциональный адрес		Логический объект	Функциональный адрес	
	двух- октетный	шести- октетный		двух- октетный	шести- октетный
Активный монитор (АМ)	X'01'	X'00000001'	Монитор ошибок кольца (МОК)	X'08'	X'00000008'
Служба параметров кольца (СПК)	X'02'	X'00000002'	Служба отчета о конфигурации (СОК)	X'10'	X'00000001'



Рис. 5.5. Формат поля информации

Для кадров УДС формат поля ИНФ приведен на рис. 5.5. Поле ИНФ представляется как вектор — основная единица информации УДС и ДИСП. Вектор содержит область длины вектора (ДВ), область идентификатора вектора (ИВ) и от нуля до нескольких субвекторов (СВ), максимально допустимое число которых определяется ТУМ.

Область ДВ в формате поля ИНФ определяет длину вектора (включая область ДВ) в октетах, и ее содержимое может принимать значения от X'0004' до X'FFFF' (цифры, обозначаемые X'n', соответствуют 16-ричным значениям соответствующего числа n).

Область ИВ определяет идентификатор (тип) вектора. Первый октет области ИВ определяет класс функции: класс получателя (4 бита) и класс отправителя (4 бита). Класс получателя обеспечивает средства для направления кадра к получателю и на обработку соответствующей функцией управления внутри станции. Определены следующие классы функций и значения этих классов: станция кольца (СК) — X'0'; служба отчета о конфигурации (СОК) — X'4'; служба параметров кольца (СПК) — X'5'; монитор ошибок кольца (МОК) — X'6'. Класс отправителя позволяет станции убедиться в том, что источник вектора правильный.

Второй октет области ИВ содержит код, однозначно идентифицирующий вектор. Кодовые значения в диапазоне от X'CO' до X'FE' предоставлены в распоряжение разработчика системы с целью определения специфичных для системы функций.

Область ДСВ определяет длину субвектора (включая область ДСВ) в октетах. Значение области ДСВ X'FF' означает, что длина СВ определена с использованием двух последующих октетов.

Область ИСВ идентифицирует субвектор. Значение ИСВ в диапазоне от X'00' до X'7F' используются для стандартного формирования и обозначения некоторых специ-

## Субъекторы поля информации кадров УДС

Наименование субъектора	Длина, октеты	Кадр	Содержимое
Адрес соседней верхней станции (АСВ)	2 или 6	КД	Кодовое значение АСВ
АО принятого кадра	2 или 6	ОТЧ_НЗ_ОП	Адрес отправителя последнего кадра НАМ или НДМ
Возвращенные данные	Зависит от реализации	ТЕСТ	Возвращаемые данные
Групповой адрес	1–2 или 4–6	КД	Кодовое значение группового(ых) адреса(ов)
Значение ТОШ	2	КД	Кодовое значение ТОШ, задаваемое СПК или СОК
Идентификатор изделия	6	КД	Серийный номер изделия, тип, номер модели, планируемый выпуск
Классы полномочных функций	2	КД	Допустимые для станции классы функций
Код ответа	4	ОТВ	Область "код ответа" поля адреса
Код ошибки	2	ОТЧ_ОШ_МН	Код ошибки
Коррелятор	2	КД	Код ЗСВ кадра ответа
Номер локального кольца	2	КД	Номер локального кольца данной станции
Номер физического ответвления	4	КД	Номер физического ответвления данной станции
Приоритет разрешенного доступа	2	КД	Максимально допустимый приоритет передаваемых КД
Присвоенный номер физического ответвления	4	КД	Номер физического ответвления данной станции
Статус станции	2	ЗП_ИН, ОТЧ_ССТ	Определяется конкретной реализацией
Счет изолированных ошибок	6	ОТЧ_ОШ	Число изолированных ошибок каждого вида, обнаруженных после последнего кадра ОТЧ_ОШ
Счет неизолрированных ошибок	6	ОТЧ_ОШ	Число неизолрированных ошибок каждого вида, обнаруженных после последнего кадра ОТЧ_ОШ
Тип неисправности	2	ИН	Код причины неисправности
Номер версии неисправности	2	ЗП_ИН, ОТЧ_ССТ	Определяется конкретной реализацией
Функциональный адрес	1–2 или 4–6		Кодовое значение функционального(ых) адреса(ов)

фичных (общих для многих векторов) последовательностей данных УДС и ДИСП с целью упрощения коллективного использования данных со стороны УДС и ДИСП и независимого применения данных. Значения ИСВ в диапазоне от X'80' до X'FF' специфичны и определены в пределах конкретного вектора областью ИВ. Например, значение ИСВ X'90' может допускать совершенно различные определения в каждом отдельном векторе, X'40' указывает на единственное определение СВ во всех векторах и применениях, X'FF' означает, что конкретный тип СВ определен с использованием двух последующих октетов.

Область ЗСВ содержит подлежащие передаче данные или модификаторы данных.

Сами СВ могут содержать в себе другие СВ и векторы других типов, а также дополнительные поля, уникальные лишь для данного содержащего их субвектора. Максимально допустимое число СВ определяется ТУМ.

Перечень СВ, определенных стандартом МОС 8802-5 и разрабатываемыми к нему дополнениями [17 – 19], приведен в табл. 5.3.

Поле КО имеет вид JK1JK1IE, по существу аналогичный полю КО в кадре данных ЛВС ШМД с теми же значениями бит I и E. Приемные станции должны считать конечный ограничитель действительным, если первые шесть символов JK1JK1 приняты без ошибок.

Поле СК имеет вид ASCgACsg, где A – бит опознавания адреса, устанавливается в 1 станцией, опознавшей в кадре собственный адрес; C – бит копирования кадра, устанавливается в 1 станцией, скопировавшей данный кадр; g – бит, зарезервированный для будущего использования. Передающая станция должна устанавливать биты g в 0, а при приеме они не должны анализироваться.

Поле КПК образуется и кодируется так же, как и в ЛВС ШСД (см. 3.2.1).

## 5.2.3. Средства контроля и управления

Протокол УДС при своем функционировании использует набор средств контроля и управления, включая функциональные логические объекты, тайм-ауты, управляющие кадры, буфер задержки, указатели и счетчики.

К логическим средствам контроля и управления относятся служба отчета о конфигурации (СОК), служба параметров кольца (СПК) и монитор ошибок кольца (МОК). Каждое из перечисленных средств имеет свой уникальный функциональный адрес (см. табл. 5.2), что позволяет станциям кольца обращаться к любому из них независимо от того, в какой конкретно станции он находится. Выполняемые этими объектами функции могут быть зарезервированы во многих станциях кольца и активизироваться в соответствии с классом разрешенной функции СПК или СОК.

Служба отчета о конфигурации хранит сведения об изменениях конфигурации сети, включая данные о подключаемых и отключаемых станциях, функциях, выполняемых станциями кольца, количестве и характере возникающих в кольце ошибок, получает сведения о состояниях станций, может изменять их рабочие параметры и выводить (при необходимости) станции из кольца.

Служба параметров кольца отвечает за инициацию набора операционных параметров в станциях конкретного кольца.

Монитор ошибок кольца осуществляет сбор сведений о возникающих в кольце и станциях ошибках путем регистрации принимаемых данных об ошибках, анализа этих данных и накопления статистики об ошибках.

Перечень используемых тайм-аутов и их рекомендуемые значения приведены в табл. 5.4. Конкретные значения всех перечисленных в табл. 5.4 тайм-аутов определя-

Тайм-ауты протокола УДС ЛВС КМД

Тайм-аут	Назначение	Рекомендуемая длительность
Возврата в режим ретрансляции (ТВР)	Управление временем возврата станции в режим ретрансляции	2,5 мс
Удержания маркера (ТУМ)	Управление максимальным периодом времени, в течение которого станция может передавать КД после захвата КМ	10 мс
Пребывания ПБД в очереди (ТПО)	Управление временем ожидания ПБД "Наличие дежурного монитора" в очереди на передачу	10 мс
Правильной передачи (ТПП)	Обнаружение отсутствия правильной передачи	ТВР+ТУМ
Отсутствия маркера (ТОМ)	Устранение различного рода ошибок, возникших при передаче КД	1 с (ТВР+n·ТУМ, где n — число станций в кольце)
Активного монитора (ТАМ)	Организация очередей ПБД "Наличие активного монитора" на передачу	3 с
Дежурного монитора (ТДМ)	Контроль наличия в кольце активного монитора и непрерывной циркуляции КМ	7 с
Отчета об ошибках (ТОШ)	Организация очереди ПБД ОТЧ_ОШ на передачу, информирование МОК о возникающих в кольце ошибках	2 с
Передачи кадров НИ (ТПН)	Управление временем нахождения станции в состоянии передачи кадров НИ	26 с

ются по взаимному соглашению пользователей. Длительность ТВР должна превышать максимальную длительность распространения сигналов в кольце, которая складывается из задержки распространения сигналов по всем станциям. Длительность ТОМ должна быть равна сумме ТВР и  $n \cdot \text{ТУМ}$ , где  $n$  — максимальное число станций в кольце. В приведенном ниже описании протокола сброс любого тайм-аута означает и его одновременный запуск.

Перечень управляющих кадров УДС и их параметры приведены в табл. 5.5. Общие правила обработки управляющих кадров УДС для приводимых ниже значений поля УК сводятся к следующему:

Х'00' — кадр копируется только при наличии достаточной свободной буферной емкости для копирования;

Х'01' — адресуемая станция должна принять все меры для копирования этого кадра, включая перезапись ранее принятой информации;

Х'02' и выше — кадр копируется только при наличии достаточной свободной емкости для копирования, в противном случае действия станции должны быть основаны на конкретном значении поля УК.

Все значения поля УК, не определенные в табл. 5.3, зарезервированы для будущего использования и должны игнорироваться приемными станциями.

Управляющие кадры УДС и их параметры

Управляющий кадр	Область ИВ	Поле УК	Биты PPP	Поле АП	Область ИСВ	Область ЗСВ
Заявка маркера (ЗВ_МК)	X'0003'	X'03'	0	Все станции данного кольца	X'0B' X'02'	Номер физического ответвления АСВ
Наличие активного монитора (НАМ)	X'0005'	X'05'	7	То же	X'0B' X'02'	То же
Наличие дежурного монитора (НДМ)	X'0006'	X'06'	3	— » —	X'0B' X'02'	— » —
Неисправность (НИ)	X'0002'	X'02'	0	— » —	X'01' X'0B' X'02'	Тип неисправности Номер физического ответвления АСВ
Очистка (ОЧ)	X'0004'	X'04'	0	— » —	X'0B' X'02'	Номер физического ответвления АСВ
Проверка дублирования адреса (ПДА)	X'0007'	X'01'	3	АП=АО=СА		
Запрос адресов станции (ЗП_АД_СТ)	X'040E'	X'00'	3	Индивидуальный адрес станции	X'09'	Коррелятор
Запрос о состоянии станции (ЗП_ССТ)	X'040F'	X'00'	3	Индивидуальный адрес станции	X'09'	Коррелятор



Управляющий кадр	Область ИВ	Поле УК	Биты PPP	Поле АП	Область ИСВ	Область ЗСВ
Запрос к подсоединенной станции (ЗП_ПДС_СТ)	X'0410'	X'00'	3	Индивидуальный адрес станции	X'09'	Коррелятор
Запрос инициации (ЗП_ИН)	X'5020'	X'00'	3	ФА СПК	X'22' X'02' X'23'	ИД изделия АСВ Номер версии станции кольца
Инициация станции (ИН_СТ)	X'050D'	X'00'	3	Индивидуальный адрес станции	X'09' X'03' X'04'	Коррелятор Номер локального кольца Назначенный номер физического ответвления Значение ТОШ
Изменение параметров (ИЗМ_ПАР)	X'0400'	X'00'	3	Индивидуальный адрес станции	X'09' X'03' X'04'	Коррелятор Номер локального кольца Назначенный номер физического ответвления
ТРЕБУЕТСЯ ОТВЕТ				ТРЕБУЕТСЯ ОТВЕТ		
Отчет об ошибках (ОТЧ_ОШ)	X'6029'	X'00'	3	ФА МОК	X'05' X'06' X'07' X'2D'	Значение ТОШ Классы полномочных функций Приоритет разрешенного доступа Счет изолированных ошибок

Счет неизолированных ошибок	X'2E'					
Номер физического ответвления	X'0B'					
АСВ	X'02'					
Номер физического ответвления	X'0B'	X'00'	3	ФА СОК		
АСВ	X'02'					
ИД изделия	X'22'					
АО последнего кадра НАМ или НДМ	X'0A'	X'00'	3	ФА МОК		
Коррелятор	X'09'	X'00'	0	Адрес отправителя запроса		
АСВ	X'02'					
Номер физического ответвления	X'0B'					
Групповой(ые) адрес(а)	X'2B'					
Функциональный(ые) адрес(а)	X'20'					
Коррелятор	X'09'	X'00'	0	Адрес отправителя запроса		
Номер версии станции кольца	X'23'					
Статус станции	X'29'					
Коррелятор	X'09'	X'00'	0	Адрес отправителя запроса		
ИД изделия	X'22'					

Управляющий кадр	Область ИВ	Поле УК	Биты PPP	Поле АП	Область ИСВ	Область ЗСВ
					X'06'	Классы разрешенных функций
					X'07'	Приоритет разрешенного доступа
					X'20'	Функциональный(ые) адрес(а)
Отчет об ошибке монитора (ОТЧ_ОШ_МН)	X'6028'	X'00'	3	ФА МОК	X'30' X'0B' X'02'	Код ошибки Номер физического ответвления АСВ
Отчет об изменениях ХАСВ (ОТЧ_ИЗМ_ХАСВ)	X'4026'	X'00'	3	ФА СОК	X'02' X'0B'	АСВ Номер физического ответвления
Ответ (ОТВ)	X'000'	X'00'	0	Адрес отправителя принятого кадра	X'09' X'20'	Коррелятор Код ответа
Тестирование станции (ТЕСТ)	X'0008'	X'00'	0	Нулевой адрес	X'26'	Возвращенные данные
Удаление станции из кольца (УДЛ_Ст)	X'040B'	X'01'	3	Индивидуальный адрес станции		

Ниже приводятся основные функции и особенности перечисленных в табл. 5.5 управляющих кадров УДС.

Заявка маркера (ЗВ\_МК) — передается станцией-дежурным монитором, обнаружившей отсутствие в кольце операций активного монитора, с целью принятия на себя функций активного монитора. В состоянии "заявленного маркера" станция должна проверять у поступающих к ней кадров УДС ЗВ\_МК адрес отправителя. Если адрес отправителя совпадает с собственным адресом (СА) станции, а принятый адрес соседней верхней станции (ПАСВ) соответствует хранимому адресу соседней верхней станции (ХАСВ), станция должна войти в режим активного монитора и сгенерировать новый КМ.

Наличие активного монитора (НАМ) — передается периодически активным монитором после успешной очистки кольца или по истечении тайм-аута активного монитора (ТАМ) с целью оповещения остальных станций о наличии в кольце активного монитора и регистрации станциями адресов соседних станций ЛВС. Любая станция, находящаяся в дежурном состоянии, после получения этого кадра должна сбросить свой тайм-аут дежурного монитора (ТДМ). Кадр НАМ передается с приоритетом обслуживания кольца  $R_m$ , который действует во время приема кадра маркера после постановки в очередь ПБД НАМ. Рекомендуемое значение  $R_m$  для этого кадра 7.

Наличие дежурного монитора (НДМ) — передается периодически дежурным(и) монитором(ами) с целью регистрации станциями адресов соседних станций ЛВС. После получения кадра НАМ или НДМ с битами А и С, равными 0, сбрасывается тайм-аут пребывания ПБД в очереди (ТПО). По истечении ТПО кадр НДМ должен быть поставлен в очередь для передачи.

Примечание. Станция, принимающая кадр НАМ или НДМ, в котором биты А и С равны 0, будет считать, что этот кадр отправлен соседней верхней станцией. Поэтому станция, скопировавшая такой кадр, должна записать адрес отправителя, содержащийся в кадре, как ХАСВ для последующей его передачи в качестве субвектора АСВ в некоторых кадрах УДС и с целью сравнения с субвекторами АСВ некоторых других кадров УДС. Если ПАСВ ≠ ХАСВ, то передается кадр УДС ОТЧ\_ИЗМ\_ХАСВ (см. ниже).

Неисправность (НИ) — передается станцией, обнаружившей серьезную неисправность в кольце (например, разрыв кабеля, неясные сигналы от предыдущей станции) для определения и локализации неисправности.

Очистка (ОЧ) — передается активным монитором вслед за заявкой маркера с целью очистки кольца от всех циркулирующих кадров или повторной инициации кольца после обнаружения бита  $M=1$  в КД или КМ, либо по истечении тайм-аута правильной передачи (ТПП).

Проверка дублирования адреса (ПДА) — передается с полем  $AP=AO$  как часть процесса инициации. Если этот кадр возвратился с битом А поля СК, равным 1, это указывает на наличие в кольце другой станции с тем же адресом. Станция должна оповестить об этом диспетчера станции и перейти в состояние обхода. Станция, скопировавшая кадр ПДА, будет игнорировать эту ситуацию.

Запрос адресов станции (ЗП\_АД\_СТ) — передается службой отчета о конфигурации (СОК) конкретной станции для запроса значений различных адресов, распознаваемых адресуемой станцией.

Запрос о состоянии станции (ЗП\_ССТ) — передается СОК в конкретную станцию для запроса ее состояния (статуса в кольце и номера физического ответвления).

Запрос к подсоединенной станции (ЗП\_ПДС\_СТ) — передается СОК в конкретную станцию для запроса информации о выполняемых ею функциях.

Запрос инициации (ЗП\_ИН) — передается конкретной станцией после подключения ее к кольцу для информирования СПК и СОК о входе станции в кольцо и для запроса рабочих параметров протокола.

Инициация станции (ИН\_СТ) — посылается службой параметров кольца (СПК) в ответ на полученный кадр ЗП\_ИН в конкретную станцию для установления рабочих параметров станции в значения параметров, действующих в кольце.

Изменение параметров (ИЗМ\_ПАР) — посылается СОК в конкретную станцию в случае изменения рабочих параметров, действующих в кольце, для соответствующих изменений рабочих параметров данной станции.

Отчет об ошибках (ОТЧ\_ОШ) — посылается станцией монитору ошибок кольца (МОК) при достижении некоторыми параметрами (ТОШ, переполнение счетчика ошибок) предельных значений. При получении этого кадра СОК может в зависимости от количества и характера ошибок локализовать источник ошибок в кольце и при необходимости удалить из кольца станцию — источник ошибок с помощью кадра УДС УДЛ\_СТ (см. ниже).

Отчет нового монитора (ОТЧ\_НВ\_МН) — передается в СОК станцией, которая начала выполнять функции активного монитора.

Отчет о незаконченном оповещении соседних станций (ОТЧ\_НЗ\_ОП) — передается активным монитором в МОК, если его ТАМ истекает до завершения опроса в кольце, что обнаруживается в результате непоступления кадра НАМ или НДМ с битами  $A=C=0$ .

Отчет об адресах станции (ОТЧ\_АД\_СТ) — передается станцией в СОК в качестве ответа на последний кадр ЗП\_АД\_СТ.

Отчет о состоянии станции (ОТЧ\_ССТ) — посылается станцией источнику запроса в качестве ответа на последний кадр ЗП\_ССТ.

Отчет подсоединенной станции к кольцу (ОТЧ\_ПДС\_СТ) — передается станцией источнику запроса в качестве ответа на последний кадр УДС ЗП\_ПДС\_СТ для информирования о выполняемых станцией функциях и действующих на станции параметрах.

Отчет об ошибке монитора (ОТЧ\_ОШ\_МН) — передается активным монитором в МОК при получении им кадра ОЧ или НАМ, которые он не передавал, либо кадра ЗВ\_МК. Он передается также станцией в состоянии заявки маркера, если она приняла кадр ЗВ\_МК, в котором  $AO=CA$ , а  $PASV \neq XASB$ .

Отчет об изменении ХАСВ (ОТЧ\_ИЗМ\_ХАСВ) — передается станцией в СОК, если изменение ХАСВ произошло в результате процесса оповещения об адресах соседних станций.

Ответ (ОТВ) — передается станцией для подтверждения получения кадра УДС или информирования о синтаксической ошибке в принятом кадре УДС. Обязательной выдачи этого кадра требуют кадры ИЗМ\_ПАР и ИН\_СТ.

Тестирование (ТЕСТ) — посылается станцией до ее подключения к кольцу для проверки отсутствия разрыва в замкнутом шлейфе и правильности функционирования приемника/передатчика станции.

Удаление станции из кольца (УДЛ\_СТ) — посылается СОК в определенную станцию для ее безусловного удаления из кольца, если определено, что эта станция является источником серьезных ошибок.

Для запоминания бит приоритета Р и бит резервирования R поля УД последнего принятого кадра используются регистры приоритета Pr и Rr соответственно.

Если во время передачи КМ значение Rr или Rm (приоритет стоящего в очереди ПБД) превышает значение Pr, должен быть передан КМ с приоритетом, равным наибольшему из значений Rr или Rm. В то же время станция должна хранить первоначаль-

ное значение приоритета переданного КМ. Для этих целей на каждой станции предусмотрены специальные буферные емкости — стэки  $Sg$  и  $Sx$ . Использование регистров  $Rg$  и  $Rx$  и стэков  $Sg$  и  $Sx$  при выполнении функций назначения приоритетов описано в 5.2.4.

Для того чтобы КМ непрерывно циркулировал по кольцу при нахождении станции в режиме ретрансляции, в кольце должна обеспечиваться задержка, по меньшей мере, на число бит КМ, т.е. на 24 бита. Эту задержку должен обеспечивать активный монитор, имеющий буфер задержки.

Отдельные сегменты кольца могут в определенные моменты работать со скоростями, несколько отличающимися от частоты главного генератора, обеспечиваемой также активным монитором. Результат накопления этих отклонений в скорости достаточен для того, чтобы вызвать результирующие отклонения  $\pm 3$  бита задержки распространения сигналов по кольцу при максимальном числе станций 250. Если задержка распространения сигналов по кольцу не останется постоянной, то при уменьшении задержки некоторые биты пропадают (не ретранслируются), а при увеличении задержки добавляются новые биты. Для поддержания постоянства задержки к буферу фиксированной длины 24 бита добавляется гибкий буфер длиной 6 бит (12 сигнальных элементов). Результирующий 30-битный буфер иницируется на 27 бит. Если принятые активным монитором сигналы поступают с несколько большей скоростью, чем частота главного генератора, буфер будет соответственно увеличен до 28, 29 или 30 бит. Если же скорость поступления сигналов несколько ниже, длина буфера будет уменьшена до 26, 25 или 24 бит для исключения добавления бит в ретранслируемый поток. Буфер задержки обеспечивает также компенсацию фазового дрожания сигналов.

При появлении определенных событий на станциях должны устанавливаться соответствующие указатели:

$I\_УКАЗ$  — устанавливается станцией при получении поля КО с битом  $I=0$  и сбрасывается при переходе станции в состояние передачи данных;

$НПК\_УКАЗ$  — устанавливается станцией при получении НПК и сбрасывается при переходе станции в состояние передачи нулей и изменения стэков;

$СА\_УКАЗ$  — устанавливается станцией при получении данных с  $АО=СА$  и сбрасывается при переходе станции в состояние передачи данных.

$НДМ\_УКАЗ$  — устанавливается дежурным(и) монитором(ами) при приеме кадров НАМ или НДМ с битами А и С, равными 0, и сбрасывается при приеме кадра НАМ с битами А и С, не равными 0;

$ЗК\_ОП\_УКАЗ$  — устанавливается активным монитором при приеме кадра НДМ с битами А и С, равными 0, или кадра НАМ с  $АО=СА$  и битами А и С, не равными 0, и сбрасывается по истечении ТАМ.

В кадре УДС "Отчет об ошибках" используются счетчики, показывающие число ошибок каждого типа, обнаруженных после последнего отчета об ошибках. К учитываемым ошибкам относятся: ошибка в линии, внутренняя ошибка станции, ошибка в группе бит, ошибка в битах А и С, прерывание передачи кадра, потеря кадра, переполнение приемного буфера, ошибка частоты входного сигнала, ошибка при копировании адреса, ошибка в передаче маркера. При появлении какой-либо из перечисленных ошибок значение соответствующего счетчика увеличивается на единицу. После передачи кадра  $ОТЧ\_ОШ$  все счетчики сбрасываются в нулевое значение.

#### 5.2.4. Протокол подуровня УДС

При необходимости передачи ПБД УЛЗ, ПБД УДС или ПБД ДИСП подуровень УДС формирует на основе протокольной управляющей информации поля УК, АП и АО,

добавляет их к ПБД в виде префикса и ставит сформированный КД в очередь ожидания КМ. Приоритет полученного КМ должен быть больше или равен приоритету ПБД, подлежащего передаче. Если по кольцу транслируется КД или неприемлемый КМ, станция запрашивает необходимый КМ, устанавливая в соответствующее значение биты RRR поля УД транслируемого кадра. По получении приемлемого КМ станция устанавливает в его поле УД бит маркера  $T=1$  и, используя поле НО и УД как НПК, начинает передачу своего КД. В процессе передачи КД накапливается КПК, которая вводится в КД после поля ИНФ.

После завершения передачи одного или нескольких КД станция передает заполнитель и проверяет по указателю СА, возвратился ли ее собственный адрес в поле АО. После получения указателя СА в значении 1 станция выдает в кольцо новый КМ и остается в состоянии передачи до тех пор, пока все выданные ею кадры данных не будут изъяты из кольца.

При прохождении по кольцу КД его управляющие биты должны интерпретироваться всеми станциями кольца. Если поле АП совпадает с индивидуальным или групповым адресом станции либо является глобальным адресом, то поля УК, АП, АО, ИНФ и СК этого КД копируются в приемный буфер и направляются оттуда в соответствующий подуровень.

Если приоритет  $P_m$  ретранслируемого КД выше приоритета, указанного в RRR, станция увеличивает значение RRR до значения  $P_m$ . Если значение RRR равно или выше  $P_m$ , биты RRR транслируются без изменений.

После получения станцией заявленного маркера она передает свои ПБД, приоритет которых равен или выше текущего приоритета услуг кольца, до тех пор, пока не закончит передачу этих ПБД или пока передача другого кадра не будет завершена до истечения ТУМ.

Если станция не имеет других готовых к передаче ПБД с приоритетом  $P_m$  или запросов на резервирование (устанавливаемых в регистре  $R_r$ ) с приоритетом более высоким, чем текущий приоритет услуг кольца (установленный в регистре  $P_r$ ), то КМ передается с текущим приоритетом услуг кольца и значением RRR, равным наибольшему из значений  $P_r$  или  $P_m$ .

Если приоритет готовых к передаче ПБД или запросов на резервирование  $R_r$  выше текущего приоритета услуг кольца, КМ генерируется с приоритетом, равным наивысшим значениям  $P_m$  или  $P_r$ , и его биты RRR устанавливаются в 0. Поскольку станция повысила приоритет услуг кольца, она становится "стэковой" и хранит прежнее значение приоритета услуг кольца в виде  $S_r$  и новое значение этого приоритета в виде  $S_x$ . Эти значения будут использованы после передачи всех имеющихся ПБД с  $P_m \geq S_x$  с целью понижения приоритета услуг кольца.

**Примечание.** Поскольку станция может повысить приоритет услуг кольца в несколько раз, прежде чем он вернется к наименьшему значению (например, от 1 до 3, а затем от 5 до 6), она может хранить много значений  $S_x$  и  $S_r$ .

Получив статус стэковой, станция заявляет каждый получаемый маркер, приоритет которого (PPP) равен наивысшему переданному стэковому приоритету  $S_x$  с тем, чтобы проверять биты RRR поля УД для повышения, сохранения и снижения приоритета услуг кольца. Новый КМ передается со значением PPP, равным значению RRR, но не ниже наивысшего принятого значения  $S_r$  — исходного приоритета обслуживания кольца.

Если новое значение приоритета услуг кольца ( $PPP=R_r$ ) выше  $S_r$ , биты RRR передаются в значении 0, а прежнее значение приоритета услуг кольца, содержащееся в  $S_x$ ,

заменяется новым значением  $S_x = R_t$  и станция продолжает выполнять роль стэковой станции. Если же  $R_t \leq S_t$  (высший принятый стэком приоритет), то новый КМ передается с приоритетом  $S_t$ , обе величины  $S_x$  и  $S_t$  "выталкиваются" из стэка, и если в стэке нет других значений  $S_t$  и  $S_x$ , то станция прекращает выполнять роль стэковой станции.

**Примечание.** Стэковая станция, которая заявила маркер, может передавать ПБД, а также проверять биты RRR, как описано выше.

Кадры данных, передаваемые для инициации кольца, должны иметь биты PPP в значении 0. Прием бит RRR, значения которых меньше стекового  $S_x$ , вызывает очистку любых значений  $S_x$  и  $S_t$  во всех станциях кольца.

При обнаружении в ЛВС КМД постоянной неисправности она должна быть локализована надлежащим регионом с целью выполнения восстановительных действий. Неисправный регион содержит станцию, оповестившую о неисправности (сигнальную), станцию, соседнюю сверху по потоку передачи от сигнальной станции, и участок кольца (физической среды) между ними.

Неисправность, вызывающая искажение бит, должна обнаруживаться станцией с помощью кадра УДС. При этом другие станции кольца будут вынуждены приостановить выполнение протокола передачи кадров до окончания или установления битовых искажений. Станция передает кадры НИ в течение ТПН, и если по истечении ТПН она не получает свой кадр НИ, то переходит в состояние обхода.

Для того чтобы каждая станция знала адрес соседней верхней станции, выполняет процесс под названием "опознавание соседней верхней станции". Активный монитор начинает процесс посылкой кадра НАМ. Получив этот кадр, который содержит глобальный адрес получателя, соседняя нижняя станция выполняет следующие действия:

сбрасывает свой ТДМ на основе анализа поля УК кадра НАМ;

при наличии возможности копирует кадр НАМ и запоминает АО, указанный в кадре, в ячейке своей памяти как "адрес соседней верхней станции (АСВ)";

устанавливает биты А и С, если кадр копируется) поля СК ретранслируемого кадра НАМ в 1 (последующие станции кольца, анализируя этот кадр НАМ, не будут воспринимать его адрес отправителя, поскольку биты А и С в нем уже установлены в 1);

при появлении возможности передает кадр НДМ с глобальным адресом получателя.

Каждая станция по очереди получает кадр НДМ с битами А и С, установленными в 0, запоминает АСВ и передает этот кадр следующей станции.

## 5.3. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА УДС

### 5.3.1. Метод конечных автоматов

Понятие конечного автомата (КА) дано в разд. 2. Состояния КА изображаются на диаграммах вертикальными линиями, переходы между состояниями — горизонтальными. В начале линии перехода указан номер перехода, а в конце стрелка указывает его направление. Пример обозначений приведен на рис. 5.6.

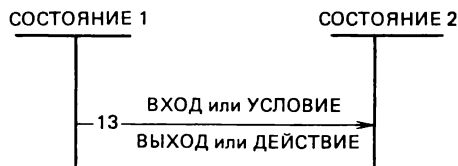


Рис. 5.6. Пример обозначений в методе конечных автоматов



**ВХОД** или **УСЛОВИЕ**, указанные над линией перехода, представляют собой требования к переходу. **ВЫХОД** или **ДЕЙСТВИЕ**, указанные под линией перехода, происходят одновременно с переходом. Переход начинается при появлении входа или при удовлетворении требуемых условий и заканчивается при завершении выхода или действия. До завершения одного перехода никаких других переходов данного состояния КА не разрешается. Если к моменту входа КА в состояние его выходные условия удовлетворены, то в этом состоянии никаких действий не выполняется и из него немедленно появляется выход.

Спецификация протоколов и услуг дается ниже с использованием диаграмм и таблиц состояний и переходов состояний КА, в которых используют как общие сокращения и обозначения, перечисленные в приложении 2, так и некоторые специфичные для метода КА сокращения и обозначения. В частности, для краткости изложения использованы обычные словесные сокращения (например, УСТ — установить, ОЧЕР — очередь, ОШ — ошибка), которые должны быть понятны специалистам.

### 5.3.2. Операции при приеме кадров

Подуровень УДС получает из физического уровня (ФИЗ) последовательный поток символов (из набора 0, 1, J и K), из которых он выделяет различные типы входных данных (КМ, кадры УДС или УЛЗ). При накоплении КПК и запоминании содержимого кадра символы J и K, которые не являются частью НО или КО, должны интерпретироваться как биты 1 и 0 соответственно.

Принятые КД могут характеризоваться следующим:

- А) кадр ограничен правильными полями НО и КО;
- В) бит указания на ошибку Е равен 0;
- С) длина кадра кратна октету;
- Д) между полями НО и КО имеются только биты 0 и 1;
- Е) биты FF поля УК имеют значения 00 или 01;
- Ф) КД имеет правильную КПК;
- Г) КД содержит не менее 10 (при двухоктетной адресации) или 18 (при шестиоктетной адресации) октетов между полями НО и КО.

Конкретная совокупность перечисленных свойств определяет один из трех видов КД: хороший КД (КД\_ХОР) обладает совокупностью свойств А&С & Е&F&G; правильно оформленный КД обладает совокупностью свойств А&С&Е&G; КД с ошибками (КД\_С\_ОШ) удовлетворяет условию  $A \& (\neg C \neg (EVF) (E \neg G))$ .

Внутренние действия, выполняемые КА в результате приема из кольца данных, приведены в табл. 5.6 и поясняются ниже.

Р-1. В случае приема КД с указанными свойствами станция должна увеличить значение счетчика "ошибка в линии" на единицу.

Р-2. Если Sx занесено в память, а  $P < Sx$ , это означает наличие ошибки и необходимость очистки стэков.

Р-3. Если в принятом КД АО=СА, должен быть установлен СА\_УКАЗАТЕЛЬ.

Р-4. При приеме поля УД в КМ или в КД значения бит приоритета должны запоминаться как Pr, бит резервирования — как Rr, а прежние значения Pr и Rr должны быть аннулированы.

Р-5. При приеме КД с битом I=0 в поле КО должен быть установлен I\_УКАЗ.

Р-6. При приеме НПК должен быть установлен НПК\_УКАЗ.

Р-7. Если в принятом КД УДС с АО=СА содержится АСВ (т.е. кадр НИ, ЗВ\_МК, НАМ, НДМ и др.), не равный ХАСВ, станция должна перейти в состояние обхода

Действия станции при приеме данных из кольца

Обозначение	Принятые данные	Действие
R-1	A&B&C(¬DV (E&¬F))	СЧ_ОШ_ЛН:=СЧ_ОШ_ЛН+1
R-2	КМ (P<Sx)	ОЧИСТКА_СТЭКОВ
R-3	КД (АО=СА)	УСТ СА_УКАЗ
R-4	КМVKД	ЗАПОМНИТЬ Pг и Rг
R-5	I=0	УСТАНОВИТЬ I_УКАЗ
R-7	КД (АО=СА, ПАСВ≠ХАСВ)	СЧ_ОШ_КОП:=СЧ_ОШ_КОП+1
R-8	КМ_С_ОШVKД_С_ОШ	УСТ E=1
R-9	КД (АП=СА, A=C=0) & БУФЕР ПЕРЕПОЛНЕН	СЧ_ПРП:=СЧ_ПРП+1
R-10	КД (АП=СА, A≠0)	СЧ_ОШ_КОП:=СЧ_ОШ_КОП+1
R-11	ОТСУТ_ПД_В_ТЕЧ_5ИНТЕРВ	СЧ_ОШ_ГР:=СЧ_ОШ_ГР

(состояние дежурного монитора 0), выдать индикацию состояния УДС (ИСУД), указывающего на наличие дублирующего адреса, и увеличить значение счетчика ОШ\_КОП.

R-8. Если в копируемом либо ретранслируемом КД или КМ обнаружено, что между НО и КО имеется бит J или K либо в КД имеется ошибка КПК и при этом бит E=0, станция устанавливает бит E=1 и увеличивает значение счетчика ОШ\_ЛН на единицу.

R-9. Если принимающая станция опознает адресуемый ей КД, но не имеет для него свободной буферной емкости, она устанавливает бит A=1, бит C=0 и увеличивает значение счетчика "переполнение на приеме (СЧ\_ПРП)" на единицу.

R-10. Если станция опознает КД, посланный по ее адресу, но биты A и C равны 1, что указывает на помеху в линии или дублирование адреса, станция должна увеличивать значение счетчика "ошибка копирования (СЧ\_ОШ\_КОП)" на единицу.

R-11. Если станция обнаруживает непрерывную последовательность более четырех битовых сигналов одной и той же полярности или отсутствие сигнала в течение времени, равного четырем битовым сигналам, то физический уровень станции должен изменить полярность принимаемого сигнала на противоположную в конце четвертого битового сигнала или в случае отсутствия сигналов — переход полярности каждого битового сигнала. При этом станция должна увеличить значение счетчика "групповая ошибка" (ОШ\_ГР) на единицу.

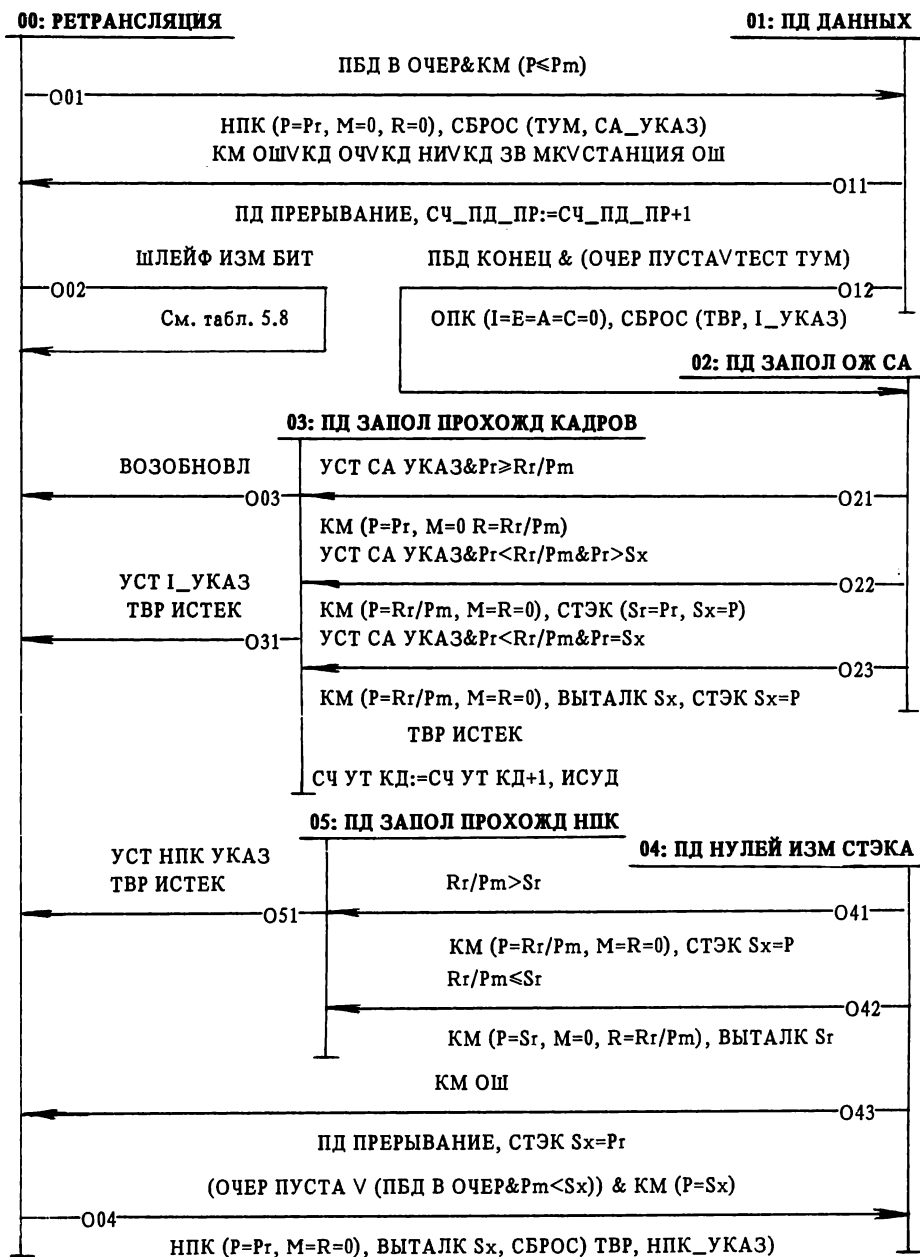
### 5.3.3. Операционный конечный автомат

Диаграмма операционного конечного автомата (ОКА) представлена в табл. 5.7.

Когда станция находится в одном из состояний "Обход", "Передача УК\_ЗВ\_МК", "Подключение", "Передача УК\_ОЧ", "Передача заполнителя" или "Передача УК\_НИ" (т.е. не в состоянии "Инициация", "Дежурное" или "Активное"), функционирование ОКА приостанавливается. При переходе в состояние "Инициация", "Дежурное" или "Активное" станция возобновляет функционирование ОКА путем возврата в состояние 00 РЕТРАНСЛЯЦИЯ.

В этом состоянии поступающие на вход станции биты передаются на вход среды передачи к следующей станции. Некоторые биты и поля в процессе ретрансляции могут быть модифицированы. Без выхода из данного состояния могут выполняться некото-

**Диаграмма переходов состояний операционного конечного автомата**



## Действия станции в состоянии 00: РЕТРАНСЛЯЦИЯ

Обозначение	Событие	Действие
002A	ПБД_В_ОЧЕР & (КД ( $R < P_m$ ) $\vee$ КМ ( $R < P_m < P$ , $P \neq S_x$ ))	УСТ $R = P_m$
002B	КД_С_ОШИБКОЙ	УСТ $E = 1$
002C	АП=СА (адрес опознан)	УСТ $A = 1$
002D	КД СКОПИРОВАН	УСТ $C = 1$
002E	ИСТЕК ТОШ ИЛИ СЧ_ПЕРЕПОЛН	ОЧЕР_ОТЧ_ОШ_ПБД
002F	ОШ_СТ_ВНУТРЕН	СЧ_ОШ_ВН:=СЧ_ОШ_ВН+1

рые функции (табл. 5.8). Переход в состояние 01 ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ должен происходить при наличии в очереди на передачу одного или несколько ПБД и выполнении условий для передачи. Переход в состояние 04 ПЕРЕДАЧА НУЛЕЙ И МОДИФИКАЦИЯ СТЭКОВ выполняется станцией при необходимости изменения стэков приоритета.

(001). Если в очереди на передачу находится ПБД и принят КМ с  $R \leq P_m$ , станция должна преобразовать КМ в НПК путем изменения значения бита Т с 0 на 1, передать биты М и R в значении 0, инициировать передачу стоящего в очереди ПБД, сбросить ТУМ, указатель СА и перейти в состояние 01.

(002). Действия, которые могут выполняться без изменения состояния конечного автомата, приведены в табл. 5.8.

(002A). Если в очереди на передачу имеется ПБД с приоритетом  $P_m$ , то в тех транслируемых или принимаемых КД, где  $P > P_m$  и в тех КМ, где  $P > P_m$ ,  $R < P_m$ , а  $P \neq S_x$ , биты R должны быть установлены в значение  $P_m$ .

(002B). Если станция обнаружила в транслируемом или скопированном кадре ошибку, она должна установить бит Е поля СК в значение 1.

(002C). Если станция опознала в поле АП свой адрес или охватывающий ее групповой адрес, то биты А в поле СК должны передаваться в значении 1.

(002D). Если станция копирует КД, проходящий по кольцу, то биты С поля СК должны передаваться далее в значении 1.

(002E). При истечении ТОШ или переполнении одного из счетчиков ошибок станция ставит в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ОШ и сбрасывает прежнее значение счетчика ТОШ.

(002F). Если станция распознает устраняемую внутреннюю ошибку, она увеличивает значение счетчика СЧ\_ОШ\_ВН на единицу. Счетчик СЧ\_ОШ\_ВН может использоваться для обнаружения граничных условий станции кольца.

(003). При переходе станции в состояние "Дежурное", "Активное" или "Инициация" функционирование ОКА возобновляется переходом станции в состояние 00.

(004). Если в очереди на передачу нет КД с  $P_m \geq S_x$ , а принятый КД имеет  $P = S_x$ , то поля НО и УД этого КМ преобразуются в НПК путем установки бита Т в 1,  $S_x$  выталкивается из стэка, ТВР и НПК\_УКАЗАТЕЛЬ сбрасываются и станция переходит в состояние 04. Если в стэке нет значения  $S_x$ , то результат проверки  $P = S_x$  должен считаться неправильным, т.е. данная станция не является стэковой и не может проводить операций по снижению уровня приоритета в кольце.

В состоянии 01 станция передает в кольцо свои данные. При этом должны выполняться следующие условия: первый и все последующие ПБД имеют приоритет  $P_m \geq P$  для используемого КД; у всех передаваемых КД  $P=P_r$ ; биты М и R равны нулю.

(O11). Если после изменения бита Т с 0 на 1 обнаружено, что КМ не заканчивается полем КО, или если вслед за полем УД КМ следует поле УК кадра УДС, или же в работе станции обнаруживается ошибка, станция должна немедленно прекратить передачу путем выдачи кадра прерывания, прекратить выборку ПБД из очереди, увеличить значение счетчика СЧ\_ПД\_ПР и, если передавался КД УЛЗ, оповестить об этом УЛЗ с помощью примитива УД\_ДАННЫЕ.подтверждение. При этом станция переходит в состояние 00.

(O12). Если передача ПБД закончена (ПБД\_КОНЕЦ) и в очереди на передачу нет других ПБД с таким же или более высоким приоритетом (ОЧЕР\_ПУСТА) или если передача последующих КД не может закончиться до истечения ТУМ (ТЕСТ\_ТУМ), станция должна передать ОПК с битами I, E, A и C, равными 0, сбросить ТВР, указатель I и перейти в состояние 02: ПЕРЕДАЧА ЗАПОЛНИТЕЛЯ И ОЖИДАНИЕ СОБСТВЕННОГО АДРЕСА. В этом состоянии станция передает заполнитель до тех пор, пока не будет получен КД с АО=СА и установлен СА\_УКАЗАТЕЛЬ или пока не истечет ТВР. Если же при переходе в это состояние СА\_УКАЗАТЕЛЬ уже установлен, станция переходит в состояние 03: ПЕРЕДАЧА ЗАПОЛНИТЕЛЯ И ПРОХОЖДЕНИЕ КАДРОВ ДАННЫХ (ПД\_ЗАП & ПРОХОЖД\_КД) через переход O21, O22 или O23.

(O21). Если  $R_r$  и  $P_m$  меньше или равны  $P_r$ , станция должна передать КМ с  $P=P_r$ ,  $M=0$  и R, равным большему из значений  $R_r$  или  $P_m$ , и перейти в состояние 03.

(O22). Если  $R_r > P_r$  или  $P_m > P_r$ , а наибольшее значение  $S_x < P_r$ , станция должна передать КМ со значением P, равным наибольшему из значений  $R_r$  или  $P_m$ , и битами М и R, равными 0, занести в стэк  $P_r$  в виде  $S_r$ , P в виде  $S_x$  и перейти в состояние 03. Если в стэке нет значения  $S_x$ , результат проверки  $P_r > S_x$  должен считаться правильным.

(O23). Если  $R_r > P_r$  или  $P_m > P_r$ , а значение  $S_x$  равно последнему принятому значению  $P_r$ , станция должна передать КМ с P, равным наибольшему значению  $R_r$  или  $P_m$ , и битами М и R, равными 0, "вытолкнуть" из стэка  $S_x$ , занести в стэк новое значение P в виде  $S_x$  и перейти в состояние 03. Если в стэке нет значения  $S_x$ , то результат проверки  $P=S_x$  должен считаться неправильным.

(O24). Если во время ожидания возвращения переданного КД СА\_УКАЗАТЕЛЬ не установлен и истек ТВР (что говорит о потере переданного станцией КМ), станция должна увеличить значение счетчика (СЧ\_УТ\_КД) на единицу, выдать диспетчеру ИСУД (состояние "потеря кадра") и перейти в состояние 00.

В состоянии 03 станция изымает переданный(ые) КД из кольца путем выдачи в кольцо заполнителя до тех пор, пока не будет получена ОПК с битом I=0 и установлен I\_УКАЗАТЕЛЬ или пока не истечет ТВР. Если при входе в состояние 03 I\_УКАЗАТЕЛЬ уже установлен или ТВР истек, станция должна перейти в состояние 00.

(O31). В состоянии 03 заполнитель должен передаваться до тех пор, пока не будет принята ОПК с битом I=0 или не истечет ТВР, после чего станция должна перейти в состояние 00.

В состоянии 04 станция после получения НПК, содержащей запрос станций кольца на использование КМ с приоритетом  $P_r$ , передает в кольцо непрерывную последовательность нулей до тех пор, пока внутренние логические схемы станции не смогут выполнять необходимые функции для передачи КМ.

(O41). Если  $R_r$  больше наивысшего значения  $S_r$ , станция должна передать КМ с  $P=P_r$  и битами М и R, равными 0, занести в стэк P в виде  $S_x$  и перейти в состояние 05

## ПЕРЕДАЧА ЗАПОЛНИТЕЛЯ И ОЖИДАНИЕ НПК.

(О42). Если  $Rr \leq Sr$ , станция должна передать КМ с  $P=Sr$ ,  $M=0$  и  $R=Rr$ , вытолкнуть  $Sr$  из стэка и перейти в состояние О5.

(О43). Если после замены КМ на НПК станция обнаружила, что НПК заканчивается неправильно (т.е. после бита Т следуют биты MRRR, JK1JK1), станция должна немедленно прекратить передачу кадром прерывания, занести в стэк  $Pg$  в виде  $Sx$  и перейти в состояние О0.

В состоянии О5 станция должна передавать заполнитель до тех пор, пока не будет получена НПК или не истечет ТВР, что позволяет избежать неопределенного состояния в линии до начала нормального функционирования кольца.

(О51). При получении НПК, что свидетельствует об использовании в кольце переданного КМ и соответственно о нормальном функционировании кольца, станция переходит в состояние О0.

### 5.3.4. Конечный автомат дежурного монитора

Сразу после включения питания станции или общего сброса вводится состояние ИНИЦИАЦИЯ ПРОТОКОЛА, которое определяет начало работы станции.

При получении от ДИСП примитива ИНИЦИАЦИЯ\_ПРОТОКОЛА.запрос станция производит загрузку полученных параметров, устанавливает граничные значения счетчиков и таймеров и проверяет наличие ошибок при загрузке. Если при загрузке произошла ошибка, станция передает в ДИСП сообщение ИНИЦИАЦИЯ\_ПРОТОКОЛА.подтверждение (ошибка). При отсутствии ошибок станция передает то же сообщение с параметром "без ошибок" и переходит в состояние ОБХОД.

Диаграмма переходов состояний КА дежурного монитора приведена в табл. 5.9.

В состоянии Д0: ОБХОД станция выведена из кольца и ожидает получения от ДИСП примитива УД\_УПРАВЛЕНИЕ.запрос с параметром "управляющее действие", который может принимать одно из двух значений: подключение или общий сброс.

(Д01). При активизации логического подключения к кольцу станция должна сбросить ТДМ и перейти в состояние Д1: ПОДКЛЮЧЕНИЕ.

(Д02). При получении от ДИСП примитива УД\_УПРАВЛЕНИЕ.запрос (общий сброс) станция должна сбросить все тайм-ауты, счетчики, рабочие триггеры и перейти из текущего состояния в состояние Д0.

В состоянии Д1 станция вводит свой приемный счетчик в синхронизм с принимаемыми сигналами и после достижения синхронизации ретранслирует принимаемые сигналы в линию и ожидает приема кадра НАМ или ОЧ.

(Д11). Если по истечении ТМД станция не получила кадра НАМ или ОЧ, она предполагает, что в кольце отсутствует активный монитор, сбрасывает ТОМ, выдает диспетчеру ИСУД и переходит в состояние Д3.

(Д12). При получении КД НАМ или КД ОЧ станция должна поставить в очередь КД ПДА, сбросить ТДМ и перейти в состояние Д2.

(Д13). При получении КД НИ станция должна возвратиться в состояние Д0 и выдать диспетчеру ИСУД.

В состоянии Д2: ИНИЦИАЦИЯ станция передает кадр ПДА и убеждается в том, что в кольце нет станции с таким же адресом. Работа станции в этом состоянии осуществляется в режиме ОКА.

(Д21). При получении КД НИ или кадра ПДА с  $AO=CA$  и битами А и С, не равными 0, станция должна выдать диспетчеру ИСУД (наличие дублирующего адреса или получен КД НИ) и вернуться в состояние Д0.

**Диаграмма переходов состояний конечного автомата дежурного монитора**



(Д22). Если переданный станцией кадр ПДА возвратился и указал, что в кольце нет станции с тем же самым адресом ( $A=0$ ), станция ставит в очередь на передачу ПБД НДМ и ПБД ЗП\_ИН, сбрасывает ТОМ, ТДМ и ТОШ и переходит в состояние Д4.

В состоянии Д3: ПЕРЕДАЧА КАДРА ЗАЯВКИ МАРКЕРА станция непрерывно передает кадры УДС ЗВ\_МК. Если станции неизвестен адрес ХАСВ, она использует нулевой адрес.

(Д31). Если станция получила кадр ЗВ\_МК, в котором  $AO > CA$ , или кадр НИ, в котором  $AO \neq CA$ , или кадр ОЧ, станция должна после сброса ТОМ, ТДМ и ТОШ перейти в состояние Д4.

(Д32). Если станция получила кадр ЗВ\_МК, в котором  $AO = CA$ , а полученный АСВ  $\neq$  ХАСВ, станция должна сбросить ТДМ, ТОМ и ТОШ, поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ОШ\_МН и перейти в состояние Д4.

(Д33). Если ТОМ истек, станция должна сбросить ТПН и перейти в состояние Д5.

(Д34). Если станция получила кадр ЗВ\_МК, в котором  $AO = CA$  и ПАСВ = ХАСВ, она становится активным монитором и должна подключить буфер задержки, сбросить ТОМ, выдать диспетчеру ИСУД (ввод активного монитора) и перейти в состояние А2 активного монитора (см. 5.3.5).

В состоянии Д4: ДЕЖУРНОЕ станция следит за кольцом, анализируя ретранслируемые кадры маркера и кадры НАМ, чтобы удостовериться в правильном функционировании активного монитора. Если дежурный монитор не обнаруживает периодического прохождения по кольцу КМ или КД НАМ, он должен по истечении тайм-аута инициировать заявку маркера (см. переход Д42). Действия, выполняемые станцией без выхода из состояния ДЕЖУРНОЕ, приведены в табл. 5.10. В этом состоянии станция функционирует в режиме ОКА.

(Д41А). Если станция получила кадр НИ с  $AO = CA$  и значением АСВ принятого кадра, не равным СА, она должна сбросить ТОМ, ТДМ и выдать диспетчеру ИСУД (получен кадр НИ).

(Д41В). При получении КД НИ с АСВ, равным СА, и типом неисправности, не относящимся к первому типу, и при этом ПН\_УКАЗ не установлен, станция должна сбросить ТПН и установить ПН\_УКАЗ.

(Д41С). Если получен кадр, который не определен в Д41В, то ПН\_УКАЗ сбрасывается.

(Д41Д). При получении кадра ЗВ\_МК, либо кадра ОЧ, либо КМ станция должна сбросить ТОМ.

(Д41Е). При приеме кадра НДМ с битами А и С, равными 0, и отсутствии установленного указателя НДМ\_УКАЗ станция должна сбросить ТПО и установить  $AO = XACB$  и НДМ\_УКАЗ.

(Д41F). Если получен кадр НДМ с битами А и С, равными 0, и установлен НДМ\_УКАЗ, станция должна сбросить ТПО, установить  $AO = XACB$  и увеличить значение счетчика СЧ\_ОШ\_А/С на единицу.

(Д41G). Если принят кадр НДМ или НАМ с битами А и С, равными 0, и при этом ПАСВ  $\neq$  ХАСВ, станция должна запомнить  $AO = XACB$  и поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ИЗМ\_ХАД.

(Д41H). При приеме кадра НАМ с битами А и С, равными 0, станция должна сбросить ТПО и ТДМ и установить  $AO = XACB$  и НДМ\_УКАЗ.

(Д41I). При приеме кадра НАМ с битами А и С, не равными 0, станция должна сбросить ТДМ и НДМ\_УКАЗ.

(Д41J). По истечении ТПО станция должна поставить в очередь на передачу ПБД НДМ.



## Действия станции в состоянии Д4: ДЕЖУРНОЕ

Обозначение	Событие	Действие
Д41А	КД НИ (АО≠СА, АСВ≠СА)	СБРОС (ТОМ, ТДМ), ИСУД
Д41В	КД НИ АСВ=СА, ТИП (– I)& ПН_УКАЗ–УСТ	СБРОС ТПН, УСТ ПН_УКАЗ
Д41С	– (КД НИ, АСВ=СА, ТИП (–I))	СБРОС ПН_УКАЗ
Д41D	КД ЗВ МК\КД ОЧ\КМ	СБРОС ТОМ
Д41Е	КД НДМ (А, С=0) & – НДМ УКАЗ	СБРОС ТПО, УСТ (АО=ХАСВ, НДМ УКАЗ)
Д41F	КД НДМ (А, С=0) НДМ УКАЗ	СБРОС ТПО, УСТ АО=ХАСВ, СЧ_ОШ_А/С:=СЧ_ОШ_А/С+1
Д41G	ПАСВ≠АО&(КД НДМ (А,С=0)\	УСТ АО=ХАСВ, ОЧЕР ИЗМ_ХАД
ПБД		ПБД
Д41H	КД НАМ (А, С=0)	СБРОС (ТПО, ТДМ), УСТ (АО=ХАСВ, НДМ УКАЗ)
Д41I	КД НАМ (А, С≠0)	СБРОС (ТДМ, НДМ УКАЗ)
Д41J	ТПО ИСТЕК	ОЧЕР НДМ ПБД
Д41K	ТОШ ИСТЕК	ОЧЕР ОТЧ_ОШ ПБД, СБРОС (СЧ, ТОШ)
Д41L	КД ИЗМ_ПАР (АП=СА)\	УСТ ПАРАМЕТРЫ, СБРОС (СЧ, ТОШ)
	КД ИН_СТ (АП=СА)	ОЧЕР ОТВ ПБД
Д41M	КД ЗП_АД_СТ (АП=СА)	ОЧЕР ОТЧ_АД_СТ ПБД
Д41N	КД ЗП_ССТ (АП=СА)	ОЧЕР ОТЧ_ССТ ПБД
Д41O	КД ЗП_ПДС_СТ (АП=СА)	ОЧЕР ОТЧ_ПДС_СТ ПБД
Д41P	КД ОТВ (АП=СА)	Зависит от кода ответа

(Д41K). По истечении ТОШ станция должна поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ОШ в случае изменения значения счетчика ошибок после последнего отчета об ошибках и сбросить значения счетчиков и тайм-аут ТОШ.

(Д41L). При приеме кадра ИЗМ\_ПАР или ИН\_СТ с АП=СА станция должна запомнить параметры, указанные в поле информации данного кадра, и поставить в очередь на передачу ПБД ОТВ.

(Д41M). При получении кадра ЗП\_АД\_СТ с АП=СА станция должна поставить в очередь на передачу кадр ОТЧ\_АД\_СТ.

(Д41N). При получении кадра ЗП\_ССТ станция должна поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ССТ.

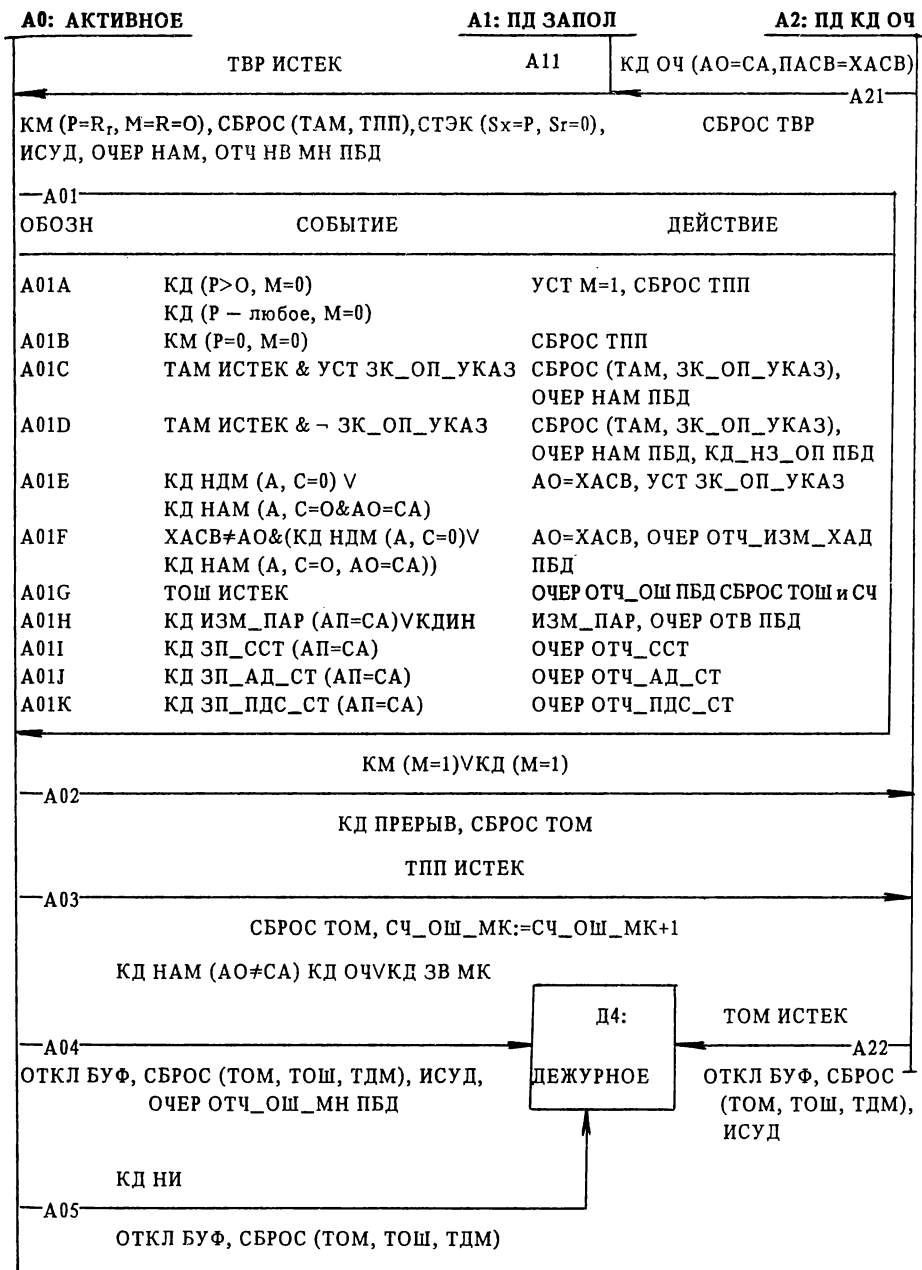
(Д41O). При получении кадра ЗП\_ПДС\_СТ с АП=СА станция должна поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ПДС\_СТ.

(Д41P). При получении кадра ОТВ с АП=СА станция должна выполнять действия в зависимости от кода ответа.

(Д42). Если ТОМ или ТДМ истек, станция вновь запускает ТОМ, выдает диспетчеру ИСУД и переходит в состояние Д3.

(Д44). При приеме КД\_УД\_СТ или истечении ТПН с установленным ПН\_УКАЗ станция должна выдать диспетчеру ИСУД и перейти в состояние Д0.

**Диаграмма переходов состояний конечного автомата активного монитора**



В состояние Д5: ПЕРЕДАЧА КАДРА НЕИСПРАВНОСТИ (ПД\_КД\_НИ) станция входит при появлении серьезной неисправности в сети. В этом состоянии должны передаваться кадры УДС НИ до тех пор, пока не будет получен КД НИ или пока не истечет ТПН.

(Д51). При получении кадра НИ с  $АО \neq CA$  и значением  $АСВ \neq CA$ , станция должна сбросить ТДМ, ТОМ, ТОШ и перейти в состояние Д4.

(Д52). При приеме кадра НИ с  $АО=CA$  станция должна сбросить ТОМ, выдать диспетчеру ИСУД (заявка маркера) и перейти в состояние Д3.

(Д53). Если по истечении ТПН станция не получила кадр НИ, она выдает диспетчеру ИСУД (неисправность в кольце) и переходит в состояние Д0.

### 5.3.5. Конечный автомат активного монитора

Диаграмма переходов состояний конечного автомата активного монитора соответствует табл. 5.11.

Активный монитор находится в состоянии А0: АКТИВНОЕ при нормальном функционировании кольца.

(А01А). При приеме КМ с битами  $M=0$  и  $R>0$  или КД с битом  $M=0$  станция должна сбросить ТПП и установить бит  $M=1$ .

(А01В). При приеме КМ с битами  $M=0$  и  $R=0$  станция должна сбросить ТПП.

(А01С). По истечении ТАМ и установленном указателе ЗК\_ОП\_УКАЗ станция должна сбросить ТАМ и ЗК\_ОП\_УКАЗ и поставить в очередь на передачу ПБД НАМ.

(А01Д). Если ТАМ истек, а ЗК\_ОП\_УКАЗ не установлен, станция должна сбросить ТАМ и поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_НЗ\_ОП и ПБД НАМ.

(А01Е). При приеме кадра НДМ с битами А и С, равными 0, или кадра НАМ с  $АО=CA$  и битами А и С, равными 0, станция должна запомнить АО данного кадра в виде ХАСВ и установить ЗК\_ОП\_УКАЗ.

(А01F). Если станция получает кадр НДМ с битами А и С, равными 0, или кадр НАМ с  $АО=CA$  и битами А и С, равными 0, и при этом  $АО \neq ХАСВ$ , станция должна запомнить АО этого кадра в виде ХАСВ и поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ИЗ\_ХАСВ.

(А01G). По истечении ТОШ станция должна поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ОШ при условии, что значения счетчиков ошибок увеличились после последнего отчета об ошибках, сбросить ТОШ и счетчики ошибок.

(А01Н). При приеме кадра ИЗМ\_ПАР с  $АП=CA$  станция должна запомнить параметры, указанные в поле информации данного кадра, и поставить в очередь на передачу ПБД ОТВ.

(А01И). При приеме кадра ЗП\_ССТ с  $АП=CA$  станция должна поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ССТ.

(А01J). При приеме кадра ЗП\_АД\_СТ с  $АП=CA$  станция должна поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_АД\_СТ.

(А01K). При приеме кадра ЗП\_ПДС\_СТ с  $АП=CA$  станция должна поставить в очередь на передачу ПБД ОТЧ\_ПДС\_СТ.

(А02). Если в ретранслируемом КМ или КД бит  $M=1$ , станция должна прервать ретрансляцию этого кадра, сбросить ТОМ и перейти в состояние А2: ПЕРЕДАЧА КАДРА ОЧИСТКИ.

(А03). По истечении ТПП станция сбрасывает ТОМ, увеличивает значение счетчика СЧ\_ОШ\_МК на единицу и переходит в состояние А2.

(А04). Если контролирующая станция получила кадр НАМ с  $АО=CA$ , либо кадр ОЧ, либо кадр ЗВ\_МК, она должна отключить буфер задержки, сбросить ТОМ, ТОШ и

ТДМ, сообщить состояние ИСУД (ввод дежурного монитора), поставить в очередь ПБД ОТЧ\_ОШ\_МН и перейти в состояние Д4 дежурного монитора.

(А05). Если контролирующая станция получила КД НИ, она должна отключить буфер, поставить в очередь ПБД ОТЧ\_ОШ\_МН и перейти в состояние Д4 дежурного монитора.

Состояние А1: ПЕРЕДАЧА ЗАПОЛНИТЕЛЯ (ПД\_ЗАП) вводится с целью обеспечения вывода из кольца всех кадров ОЧ до передачи нового КМ.

(А11). По истечении ТВР станция должна передать КМ с битами  $P=R_i$  и битами М и R, равными 0, занести биты Р в стэк в виде  $S_x$ , а нуль в виде  $S_i$ , сбросить ТПП и ТАМ, выдать диспетчеру ИСУД (ввод активного монитора), поставить в очередь на передачу ПБД НАМ и ОТЧ\_НВ\_МН и перейти в состояние А0.

В состоянии А2 станция непрерывно передает кадры УДС ОЧ с целью очистки кольца до передачи нового кадра маркера.

(А21). При получении кадра ОЧ с  $AO=CA$  и значением  $ACB=XACB$  станция должна сбросить ТВР и перейти в состояние А1.

(А22). Если по истечении ТОМ станция не получила кадр УДС ОЧ, она должна отключить буфер задержки, сбросить ТОМ, ТОШ и ТДМ, выдать диспетчеру ИСУД (ввод дежурного монитора) и перейти в состояние Д4 дежурного монитора.

## 5.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

### 5.4.1. Услуги физического уровня

Физический уровень обеспечивает набор услуг для подуровня УДС и для диспетчера станции. Перечень и параметры услуг физического уровня для УДС приведены в табл. 5.12, а для диспетчера станции — в табл. 5.13.

Таблица 5.12

Услуги физического уровня для подуровня УДС в ЛВС КМД

Наименование примитива	Параметр	Назначение	Действия при приеме
ФИЗ_ДАННЫЕ. запрос	Символ (0, 1, J или K)	Передача данных из УДС физическому уровню	Физический уровень декодирует и выдает полученный символ в физическую среду
ФИЗ_ДАННЫЕ. индикация	Символ (0, 1, J или K)	Передача данных из физического уровня подуровню УДС	Подуровень УДС прини- мает символ из физичес- кого уровня

## Услуги физического уровня для диспетчера в ЛВС КМД

Наименование примитива	Параметр	Назначение	Действия при приеме
ФИЗ_УПРАВЛЕНИЕ. запрос	Управляющее действие (подключение, удаление)	Подключение станции к кольцу или ее отключение от кольца	Физический уровень выполняет предпи- санные действия
ФИЗ_СОСТОЯНИЕ. индикация	Отчет о состоянии	Информирование диспетчера об изменениях состояния и об ошибках	Не определены

## 5.4.2. Операции физического уровня

Физический уровень кодирует поступающие из УДС символы данных (биты 1, 0) и не данных (биты J, K) и декодирует поступающие из физической среды сигналы. Преобразование символов УДС производится с использованием манчестерского кода, рассмотренного в разд. 3 (см. рис. 3.4). Но, в отличие от кодирования сигналов в ЛВС ШСД, здесь полярность первой половины символов 1 и 0 строго не устанавливается, она может быть любой.

При передаче битов J и K полярность каждого битового сигнала в течение всей его длительности не меняется. При этом полярность бита J соответствует полярности второй половины предыдущего бита, а полярность сигнала бита K — противоположной полярности сигнала второй половины предыдущего бита. Для устранения длительной передачи сигналов одной полярности синхробиты передаются, как правило, попарно (J и K).

Если на физический уровень поступает в непрерывной последовательности более четырех битовых сигналов одной и той же полярности, он изменяет полярность принимаемого сигнала на противоположную в конце четвертого битового сигнала. В период потери (отсутствия) сигналов синхрогенератора, переполнения или недогрузки буфера задержки физический уровень генерирует переход полярности каждого битового сигнала, декодирует новый битовый поток и выдает результирующие сигналы на интерфейс с УДС.

При появлении сигналов на входе физического уровня генерация заполнителя прекращается. Физический уровень декодирует новый битовый поток, передает сообщение в ДИСП и выдает декодированные сигналы (символы) в УДС.

Исходный синхронизатор или главный генератор кольца установлен в активном мониторе. Все станции кольца подстраивают частоту и фазу своих сигналов под сигналы активного монитора. Они выделяют синхросигналы из получаемых данных с помощью петли подстройки фазы (ППФ). Построение ППФ основывается на следующих критериях:

величина фазового дрожания на любой станции кольца, измеренная на ИМС, не должна превышать  $X\%$  от  $1/V$ , где  $V$  — скорость передачи данных в кольце;

каждый раз при вхождении станции в кольцо или потере фазовой синхронизации с соседней верхней станцией ППФ, получив от соседней верхней станции сигнал, удовлетворяющий заданным требованиям, должна восстановить фазовый синхронизм в течение 1,5 мс;

ППФ должна охватить в совокупности, как минимум, 250 станций и повторителей (ретрансляторов) в кольце;

ППФ должна оперировать со спектральной плотностью мощности фазового дрожания, равной  $2,5 \times 10^{-25}$ /Гц, которая может быть обусловлена кабелем сопряжения со средой и самой средой на участке с соседней сверху станцией.

### 5.4.3. Характеристики физической среды

Протокол подуровня УДС ЛВС КМД позволяет использовать в качестве физической среды симметричный однопарный, коаксиальный или волоконно-оптический кабель. Однако в текущей редакции стандарта МОС 8802-5 рассмотрен лишь пример реализации физической среды на основе симметричного однопарного кабеля с обеспечением скоростей передачи 1...4 Мбит/с  $\pm 0,01\%$ . Описываемые ниже параметры и характеристики ориентированы на эту физическую среду.

В магистральном (симметричном) кабеле с целью удлинения магистрали могут использоваться ретрансляторы, которые служат для восстановления амплитуды, формы и синхронизма сигналов и выполняют те же функции, что и ретрансляционные станции кольца. С этой точки зрения ретрансляторы должны входить в число станций, обеспечиваемых кольцом.

Подключение станции к магистральному кабелю осуществляется через экранированный ответвительный кабель, образованный двумя сбалансированными двухпарными кабелями (150+15 Ом) (один для передачи, другой — для приема), и модуль сопряжения со средой (МСС). Интерфейсный соединитель может располагаться в разрыве ответвительного кабеля или на его концах. Ниже приводятся электрические и механические характеристики этого соединителя.

Переходное затухание, дБ (на частотах 100 кГц...4 МГц) . . . . .	62
Затухание, вносимое в линию с импедансом	
150 Ом, дБ (на частотах 100 кГц...4 МГц) . . . . .	0,1
Несущий ток, А . . . . .	0,1
Среднее (максимальное) омическое контактное сопротивление, МОм	
контактов . . . . .	20 (100)
экрана . . . . .	25 (100)
короткозамкнутой цепи . . . . .	40 (100)
Испытательное напряжение между	
контактами при постоянном токе, В . . . . .	750
Физическое контактное усилие, Н . . . . .	0,5 . . . 1,0
Максимальное число соединений-разъединений . . . . .	1000
Срок службы, лет . . . . .	15
Амплитуда передаваемого сигнала на выходе соединителя, В . . . . .	3,0 . . . 4,5
Точность баланса между амплитудами положительных	
и отрицательных уровней переданных сигналов, % . . . . .	5

Схема подключения станции к магистральному кабелю приведена на рис. 5.7. Управление различными режимами работы МСС осуществляется самой станцией. Механизм, определяющий режимы работы, находится в МСС. Станция управляет этим

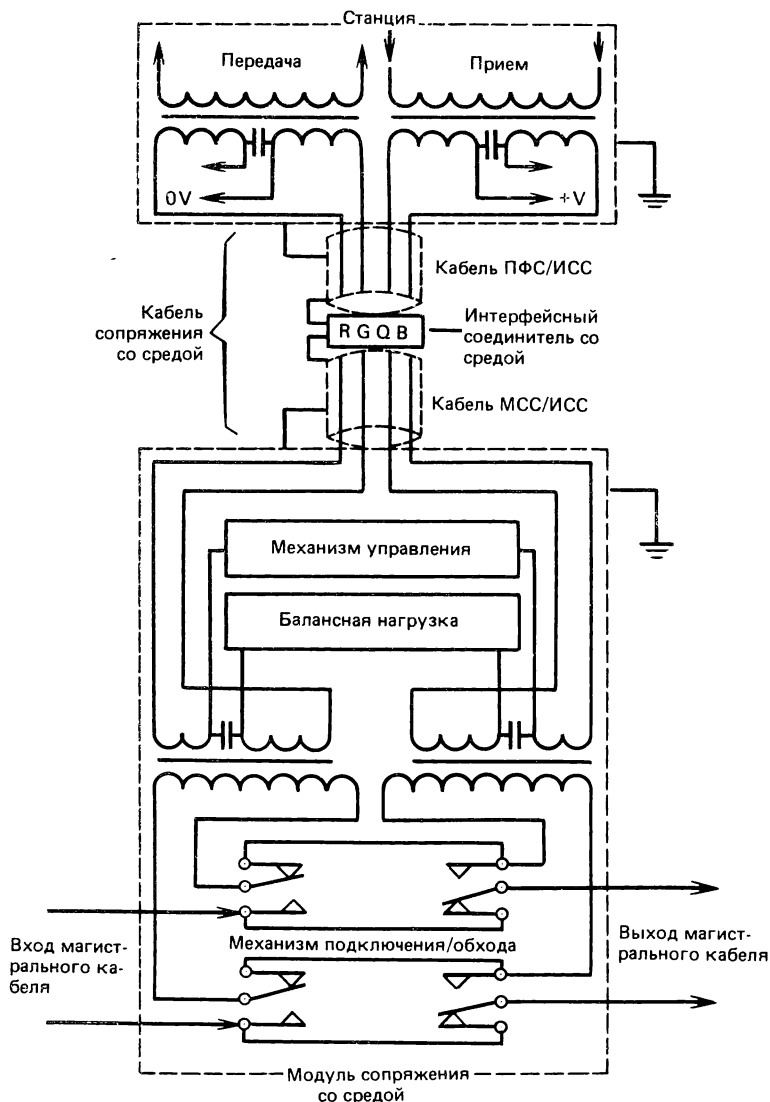


Рис. 5.7. Схема подключения станции к физической среде

механизмом через интерфейсный кабель с использованием метода искусственной цепи. Этот метод заключается в том, что в интерфейсном кабеле (приема или передачи) создается напряжение постоянного тока, которое не препятствует прохождению высокочастотной составляющей. Это напряжение используется в МСС для переключения различных релейных групп с целью последовательного подключения станций к

кольцу. Прекращение искусственного возбуждения обеспечивает обход станцией кольца и выполнение режима обхода.

Трансформаторы обеспечивают гальваническую развязку станции ЛВС, интерфейсного кабеля и МСС, а также реализацию искусственной цепи. Дроссели служат для защиты источника управляющих сигналов от высокочастотной составляющей, а реле — для переключения режимов работы МСС посредством управляющих сигналов. Максимальное время, в течение которого цепь магистрального кольца находится в разомкнутом состоянии, не должно превышать 5 мс.

Точка измерения напряжения и тока находится в ИМС. Подключение к станции осуществляется при напряжении 4,1...7,0 В на контактах В и Q ИМС с возвратом на контакты G и R соответственно при токе 0,65...2,0 мА. Станция входит в состояние обхода при напряжении меньше 1,0 В на контактах В и Q и нулевом напряжении на контактах R и G ИМС. При сопротивлении по постоянному току, составляющем 5% сопротивления механизма подключения/обход, нагрузка должна обеспечиваться МСС на контактах G и Q. Рабочие напряжения на контактах В и Q не должны отличаться друг от друга более чем на 1% при рабочих значениях тока в диапазоне 0,65...2,0 мА.

При отключении станции МСС будет автоматически замыкать цепь контакта R на контакт Q и цепь G на контакт В. Следовательно, станция должна обеспечить средства, гарантирующие, что ток короткого замыкания цепи не превысит 20 мА.

Напряжение передаваемого сигнала, измеренного на ИМС со 150-омной нагрузкой, должно составлять 3,0...4,5 В между пиками. Амплитуды положительных и отрицательных уровней передаваемых сигналов должны быть сбалансированы с точностью 5%.

Передающая среда может исказить передаваемые сигналы. Степень искажения ограничена искажением, создаваемым кабелем, значение которого равно корню квадратному из характеристической частоты затухания. Кроме того, плавные (не разрушающие) затухания могут быть вызваны средой, особенно МСС и соединителями. Суммарное затухание может изменяться от 0 до 29 дБ на частоте 4 МГц (1 МГц для скорости 1 Мбит/с), в том числе плавное затухание не должно превышать 15 дБ, а затухание в кабеле — 26 дБ на частоте 4 МГц (1 МГц). Суммарное затухание может быть меньше 29 дБ в зависимости от фактического уровня помех в ИМС и допустимой для ЛВС частоты ошибок.

Все принимаемые сигналы и помехи измеряют на выходе выравнивающего фильтра. Частотная характеристика фильтра имеет два полюса и одну нулевую точку. При скорости 4 Мбит/с полюсы находятся на частотах 2, 7 и 16 МГц, а нуль — на частоте 540 кГц (допуск каждого значения частоты  $\pm 5\%$ ). При скорости 1 Мбит/с указанные частоты делятся на 4.

Станция должна обеспечить выходные сигналы с частотой ошибок  $10^{-9}$  при отношении сигнал-помеха на выходе фильтра, большем или равном 22 дБ. Соотношение сигнал-помеха, измеренное в децибелах, определяется как  $20 \log (1/2 \text{ минимального значения амплитуды в центральной трети полубитового периода, деленной на действующее значение помехи})$ .

Подуровни УДС, физические уровни и соединительные кабели с ИМС каждой станции должны минимизировать вероятность появления сбоев в обмене данными между другими станциями, подключенными к данной ЛВС. Среднее время между появлениями таких сбоев должно быть не менее 11 млн.ч без необходимости ручного вмешательства для восстановления работоспособности сети.



## 5.5. ПРИНЦИПЫ И ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

### 5.5.1. Принципы построения сетей

Увеличивая число активных повторителей, можно построить кольцевую ЛВС с неограниченным числом подключаемых станций. Однако систематическое низкочастотное фазовое дрожание, вызываемое большим числом повторителей, может привести к потере битовой синхронизации. Кроме того, при чрезмерном увеличении числа станций усложняются процессы диспетчеризации сети и понижается ее пропускная способность относительно каждой станции. Поэтому рекомендуемое число подключаемых станций ЛВС КМД находится в диапазоне 100...200.

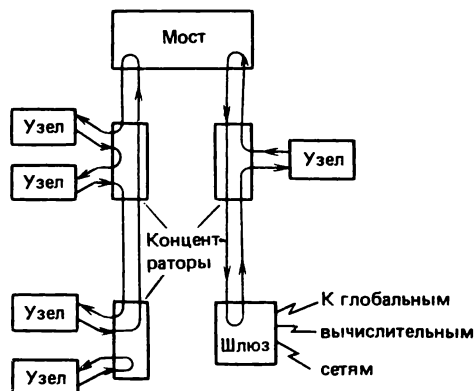
Увеличить число охватываемых сетью станций можно с помощью моста — высокоскоростного цифрового коммутирующего устройства, который связывает несколько колец с обеспечением "прозрачных" для подключаемых станций логических маршрутов и преобразованием скоростей передачи (см. разд. 9).

Для подключения одной или нескольких взаимосвязанных мостами ЛВС к глобальным вычислительным сетям через сети связи общего пользования могут быть использованы специальные средства сопряжения — шлюзы, обеспечивающие преобразование не только скоростей передачи, но и протоколов.

### 5.5.2. Особенности ЛВС КМД фирмы IBM

С использованием мостов, шлюзов, а также специальных схемных концентраторов, упрощающих реконфигурацию сети и ее обслуживание, построена ЛВС Token-ring фирмы IBM. Сеть имеет комбинированную звездно-кольцевую конфигурацию, обеспечивающую компромисс между противоречивыми требованиями минимизации длины кабелей и снижения стоимости реконфигурации и обслуживания сети.

Сеть состоит из нескольких колец (рис. 5.8), работающих на скорости 4 Мбит/с и взаимодействующих через высокоскоростные мосты. Данные передаются по кольцу кадрами. Область адресации кадра состоит из двух частей: первые два октета определяют адрес кольца, а следующие два — станцию в кольце.



Операции в кольце могут выполняться в двух режимах: асинхронном для поддержки протоколов SDLC уровня звена данных и протоколов вышерасположенных уровней архитектуры SNA и синхронном, который фирма IBM собирается применить для реализации телефонных услуг. Для подключения своих персональных ЭВМ к ЛВС фирма разработала специальную плату адаптера на основе пяти БИС и пассивный схемный концентратор, обеспечивающий подключение к сети до восьми абонентов.

В протокол УДС разработчики ЛВС внесли ряд новых функций, отсутствующих в стандартах IEEE 802.5, МС 8802-5 и ЕСМА-89. Введены также дополнительные

Рис. 5.8. Конфигурация ЛВС КМД фирмы IBM

ные шлюзы для подключения процессоров системы Series 1 и ЭВМ системы IBM/370.

Для расширения возможностей объединения в сеть различных систем и изделий IBM выпустила несколько программных систем, в том числе сетевую базовую систему Netbios и пакет программ поддержки взаимодействия одноуровневых абонентов.

В перспективе предполагается, что в зданиях с кабельной проводкой будут функционировать иерархически связанные между собой ЛВС КМД с различными скоростями передачи. Планируется обеспечить равноправное взаимодействие между малыми и персональными ЭВМ. Фирма IBM планирует поставлять для ЛВС мощные интеллектуальные рабочие станции.

## Раздел 6

# КОЛЬЦО С ТАКТИРОВАННЫМ ДОСТУПОМ

## 6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 6.1.1. Основные понятия

Кольцевая сеть с тактированным доступом КТД (Slotted-ring network) — кольцевая сеть, в которой передача данных тактируется в регулярные интервалы времени синхронно для всех станций.

Такт (Slot) — группа из 40, 56, 72 или 88 последовательных битовых позиций, циркулирующая по кольцу и вмещающая один мини-пакет.

Мини-пакет (Mini-packet) — блок данных, размещаемый в такте и используемый для переноса фрагментов кадров между узлами сети под управлением оконечного оборудования данных.

Тактовая группа (Slot structure) — один или несколько последовательных тактов одинаковой длины, циркулирующие по кольцу с пробелом (последовательность нулей) между концом последнего такта группы и началом первого такта группы.

Розетка сетевого соединителя (Ring connector socket) — розетка соединителя, посредством которой к кольцу подсоединяются монитор, регистрирующая станция, повторитель, узел сети или вилка связности.

Вилка сетевого соединителя (Ring connector plug) — вилка соединителя на стороне станции или узла сети, обеспечивающая подключение монитора, регистрирующей станции, повторителя или узла сети к кольцу через розетку сетевого соединителя.

Вилка связности (Continuity plug) — вилка соединителя, обеспечивающая связность сети при отсутствии устройств, подключаемых к розетке сетевого соединителя.

Физический сегмент кольца (Physical ring segment) — часть кольца между двумя розетками соединителя.

Логический сегмент кольца (Logical ring segment) — часть кольца, охватывающая один или несколько физических сегментов, соединенных вилками связности и расположенных между двумя розетками сетевого соединителя, к которым подключены повторители.

## 6.1.2. Принцип доступа к физической среде

Международный стандарт МСХ 8802-7, разработанный на основе шести национальных стандартов Британского института стандартизации BSI, определяет кольцевую конфигурацию сети с тактированным доступом (КТД), включая метод доступа к среде и спецификацию физического уровня.

Физическая среда ЛВС КТД представляет собой замкнутый в кольцо магистральный кабель с набором активных повторителей, обеспечивающий скорость передачи до 10 Мбит/с. Задержка распространения сигналов в кабеле и повторителях позволяет рассматривать магистральное кольцо как непрерывно циркулирующий регистр сдвига. Каждый 100-метровый сегмент кабеля создает задержку длительностью 450 нс, что позволяет представить такой сегмент в виде памяти емкостью 4,5 бит.

Весь циркулирующий регистр распределяется станцией-монитором кольца на несколько (от одного до установленного максимального числа) последовательных тактов одинаковой фиксированной длины с пробелами в виде двух или более нулей. Первый бит первого такта должен следовать непосредственно за битами пробела. Размещаемая в кольце последовательность тактов и пробелов образует тактовую группу.

Для обеспечения целого числа бит в кольце номинальная частота 10 МГц может несколько изменяться, а для обеспечения целого числа тактов фиксированной длины и минимального размера пробелов могут использоваться дополнительные биты-заполнители.

Длина такта может выбираться из значений 40, 56, 72 или 88 битовых позиций, длина пробела между тактами может содержать от 2 до 255 битовых позиций (двоичных нулей). Более длинный пробел должен рассматриваться как разрыв логического кольца.

В зависимости от размера сети, ее состава и выбранной длины такта в кольце может циркулировать от 1 до 255 тактов.

## 6.1.3. Структура сети и ее компоненты

В состав ЛВС КТД входят следующие устройства: станция-монитор, регистрирующая станция (при необходимости), ретрансляторы, узлы и вторичные источники питания. Конфигурация и состав ЛВС КТД приведены на рис. 6.1, архитектура нижних уровней — на рис. 6.2.

Монитор (Monitor) — устройство, подключаемое к розетке сетевого соединителя и выполняющее функции инициации и управления операциями кольца.

Повторитель (Repeater) — устройство, питаемое от кольца, которое получает и модулирует сигналы одного сегмента кольца и либо регенерирует их для передачи другому сегменту кольца, либо передает их подключенной станции и выводит данные из подключенной станции для передачи следующему сегменту кольца.

Примечание. Повторитель входит в состав узла, монитора или регистрирующей станции или является отдельным устройством, выполняющим функции ретранслятора.

Ретранслятор (Free-standing repeater) — повторитель, не входящий в состав какого-либо устройства и выполняющий функции регенерации сигналов.

Узел (Node) — устройство, реализующее совокупные функции повторителя и станции.

Примечание. Узел представляет собой специфичное для ЛВС КТД устройство и относится к общему классу аппаратуры окончания канала данных (АКД).

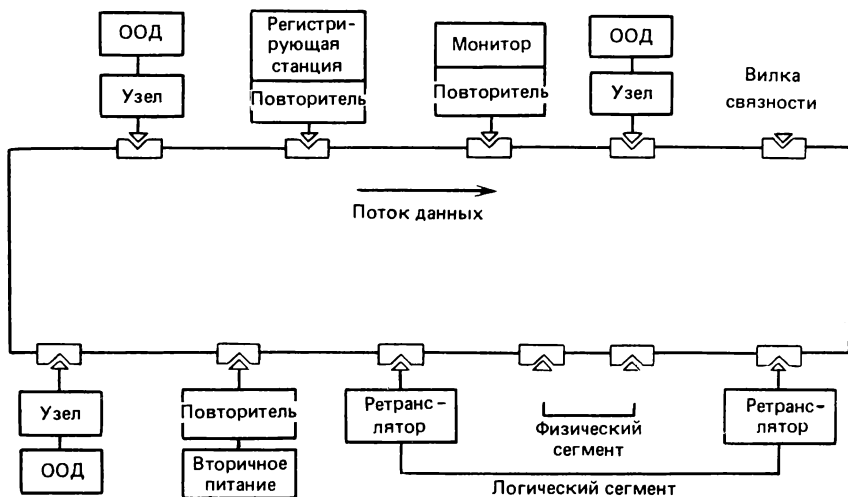


Рис. 6.1. Конфигурация ЛВС КТД

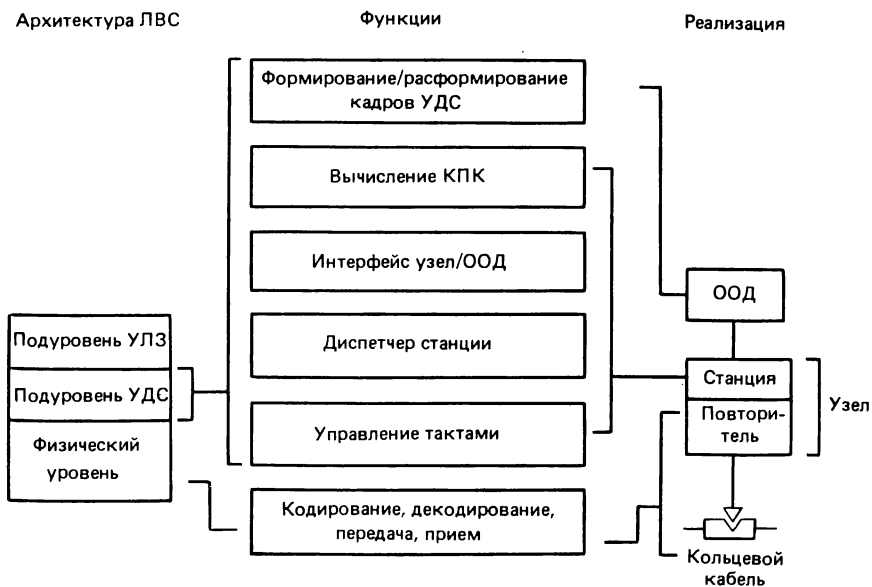


Рис. 6.2. Архитектура нижних уровней ЛВС КТД

Станция (Station) — часть узла, сопрягаемая, с одной стороны, с повторителем узла, а с другой стороны, с оконечным оборудованием данных (ООД) и выполняющая параллельно-последовательные и обратные преобразования данных, управление передачей по кольцу, обнаружение ошибок и информирование об ошибках.

Регистрирующая станция (Logging station) — устройство, подключаемое к розетке сетевого соединителя и выполняющее функции инициации и управления операциями кольца.

Вторичный источник питания (Slave power supply) — устройство, обеспечивающее в кольце напряжение 28 В постоянного тока для питания повторителей.

Монитор, регистрирующая станция и каждый узел ЛВС КТД могут поставляться в двух модификациях, называемых классами изделий: основным и расширенном. Изделия основного класса обеспечивают работу только с 40-битными тактами, изделия расширенного класса — работу с тактами всех размеров (40, 56, 72 и 88 бит).

## 6.1.4. Спецификация физической среды

Физическая среда организована на основе двух пар: А и В. Пара А обеспечивает положительное напряжение питания постоянного тока и один из двух каналов передачи сигналов данных. Пара В обеспечивает отрицательное напряжение питания постоянного тока и другой канал передачи сигналов данных.

Магистральный кабель должен иметь по два провода на каждую витую пару и один или несколько проводов, образующих линию  $V_{sig}$ , для управления обратным напряжением и экранирования. Провода должны быть алюминиевыми, медными или с медным покрытием диаметром не менее 0,22 мм. Каждая пара должна быть образована из идентичных проводов, а все точки физического сегмента кольца, ограниченного двумя розетками сетевого соединителя, должны иметь один и тот же номинальный импеданс. Различные физические сегменты могут иметь разные номинальные импедансы. Характеристический импеданс между двумя проводами каждой пары, измеренный на частоте 5 МГц, должен находиться в пределах 90...150 Ом. Разница в задержке распространения сигналов между парами А и В физического или логического сегмента не должна превышать 10 нс.

Номинальный ток в цепях, используемых для передачи питания, должен быть не менее 2 А для каждого провода пары, для плюсового и минусового входов вторичного источника питания и не менее 1 А для линии  $V_{sig}$ .

## 6.2. УСЛУГИ И ПРОТОКОЛ ПОДУРОВНЯ УДС

### 6.2.1. Определение услуг

Как уже отмечалось в разд. 2, в МОС начата разработка отдельного стандарта по определению услуг подуровня УДС, предоставляемых подуровню УЛЗ для ЛВС всех стандартных типов. Для ЛВС КТД в стандарте МОС 8802-7 временно (до принятия упомянутого стандарта) введен отдельный подраздел по определению этих услуг. Основные их характеристики в виде перечня примитивов и параметров приведены в сводной табл. 2.5.

### 6.2.2. Структура и формат мини-пакета

Вся информация передается между узлами ЛВС КТД в виде мини-пакетов, каждый из которых занимает в точности один такт. Формат мини-пакета представлен в табл.

## Формат мини-пакета ЛВС КТД

Длина пакета (в октетах)				Наименование
2	4	6	8	
Битовые позиции				
1	1	1	1	Ведущий бит (всегда равен 1)
2	2	2	2	Бит "Заполненный/Пустой" (З/П)-1/0
3	3	3	3	Бит монитора
4 11	4 11	4 11	4 11	Адрес получателя
12 19	12 19	12 19	12 19	Адрес отправителя
			20 27	Октет данных 7
			28 35	Октет данных 6
		20 27	36 43	Октет данных 5
		28 35	44 51	Октет данных 4
	20 27	36 43	52 59	Октет данных 3
	28 35	44 51	60 67	Октет данных 2
20 27	36 43	52 59	68 75	Октет данных 1
28 35	44 51	60 67	76 83	Октет данных 0

Длина пакета (в октетах)				Наименование
2	4	6	8	
Битовые позиции				
36	52	68	84	Тип октета
37	53	69	85	
38	54	70	86	Биты ответа
39	55	71	87	
40	56	72	88	Бит четности

6.1. Мини-пакет выдается в кольцо последовательно по битам, начиная с младшей битовой позиции. В адресных полях и октетах данных младшая по номеру позиция является наименее значащей.

Каждый мини-пакет имеет адреса получателя и отправителя, содержит 2, 4, 6 или 8 октетов данных и биты-идентификаторы.

Первый бит "ведущий" всегда установлен в 1.

Второй бит "заполненный/пустой" (З/П) определяет наличие (бит установлен в 1) или отсутствие (бит установлен в 0) данных в мини-пакете.

Третий бит "монитор" устанавливается в 1 передатчиком мини-пакета и сбрасывается в 0 монитором при прохождении через него этого мини-пакета. Если монитор обнаруживает, что в проходящем такте этот бит равен 0, но бит З/П равен 1, он сбрасывает бит З/П в 0, предотвращая тем самым длительное ошибочное циркулирование мини-пакета по кольцу.

Восьмибитное поле АП может адресовать до 255 станций-получателей мини-пакета. Значение АП, равное 0, выделено для регистрирующей станции, равное 255 — для глобальной адресации всех станций кольца.

В поле АО значение адреса 0 выделено для станции-монитора.

В зависимости от выбранной длины мини-пакета: 40, 56, 72 или 88 бит в нем может содержаться 2, 4, 6 или 8 октетов данных соответственно, передаваемых между подключенными к узлам ООД или же от узла или монитора к регистрирующей станции в случае искаженного сообщения.

Два бита "тип октета" используются для классификации октетов данных; их значение устанавливается в ООД, выдающем мини-пакет.

Биты ответа используются для информирования узла-источника о характере обработки мини-пакета в узле-получателе. Эти биты могут принимать следующие значения:

11 — "проигнорирован" — ни один из узлов не подтвердил прием мини-пакета;

10 — "не принят" — получатель подтвердил поступление мини-пакета, но не может его принять, поскольку не знает данного отправителя или он "замаскирован" от содержимого данного мини-пакета (при глобальной адресации такой ответ не должен поступать);

01 — "принят" — получатель принял мини-пакет;

00 — "занят" — получатель подтвердил поступление мини-пакета, но вследствие своей занятости или временной неготовности к приему он не может принять его.

Последний бит мини-пакета — бит четности — используется для обнаружения ошибок в мини-пакете. Его значение (0 или 1) должно обеспечивать общее четное число двоичных единиц в мини-пакете.

### 6.2.2. Протокольные операции

Передача данных в ЛВС КТД происходит следующим образом. Станция, имеющая данные для передачи, после обнаружения пустого такта отмечает его как заполненный (устанавливает бит З/П в значение 1), вводит адреса, данные и иницирует биты ответа. До возвращения переданного мини-пакета обратно станция не может передавать другие мини-пакеты. Станция обнаруживает свой возвратившийся мини-пакет по счету числа тактов, копирует биты ответа, сбрасывает бит З/П в 0, помечая мини-пакет как пустой.

При любом ответе, отличном от "принят", станция осуществляет повторную попытку передачи по истечении одного кругового цикла. При повторных неудачах последующие передачи задерживаются на еще большее число тактов, что предотвращает заполнение кольца бесполезной информацией. Принятый алгоритм повторных передач устанавливает максимальную величину такой задержки.

При обнаружении несовпадения возвращенного пакета с исходным переданным пакетом подключение ООД игнорирует смысл ответных бит мини-пакета и считает, что произошла ошибка передачи.

При обнаружении ошибки с неправильной четностью узел исправляет ее и в очередном пустом такте посылает монитору сообщение об ошибке. Это сообщение содержит адрес передающего узла и тем самым указывает секцию кольца, в котором произошла ошибка.

Правила управления доступом требуют, чтобы каждый передатчик имел только один циркулирующий в сети мини-пакет и такт очищался после его использования. Спецификация протокола требует также, чтобы очищенный такт проходил далее по кольцу. Таким образом, максимально достижимая используемость такта равна  $1/(n+2)$ , где  $n$  — число тактов в кольце. Максимальная скорость передачи в двухпунктовом соединении  $B_p = B_s/(n+2)$ , где  $B_s$  — общая пропускная способность системы, являющаяся функцией битовой скорости  $f$ , числа тактов в кольце  $n$ , числа бит в каждом такте  $l$  и числа битовых периодов в пробеле  $g$

$$B_s = \frac{f l n}{n (1+24) + g}.$$

Если  $m > 1$  узлов одновременно желают передавать данные, то каждому узлу гарантируется доступ к кольцу с частотой  $1/(m+n)$ . Если  $m > (n+2)$ , тогда  $B_p$  снижается до величины

$$B_t = \frac{B_s}{m (n+2)}.$$

Более подробно протокольные операции ЛВС КТД излагаются в 6.3 при описании отдельных устройств сети.



## 6.3. СПЕЦИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ СЕТИ

### 6.3.1. Ретрансляторы

Разработчик сети может по своему усмотрению определить следующие параметры и возможности ретранслятора:

класс 1, 2 или 3 (см. ниже);

тип соединителя с вторичным источником питания;

наличие или отсутствие интерфейса со станцией и его вид;

различные виды реакции ретранслятора на ошибочные условия.

Ретранслятор должен обеспечивать фазовую автоматическую подстройку частоты. При изменении частоты входных сигналов в допустимом диапазоне изменение фазы переходов выходных сигналов по отношению к переходам входных сигналов не должно превышать  $2\pi/3$  рад/МГц.

В зависимости от коэффициента усиления замкнутой цепи обратной связи ретрансляторы подразделяются на три класса:

1 — коэффициент усиления должен быть не менее 0 дБ на всех частотах;

2 — коэффициент усиления не должен превышать 0,05 дБ на любой частоте в диапазоне  $(1,75...7,0)10^4$  рад/с.

3 — максимальный коэффициент усиления должен находиться в диапазоне 1...3 дБ, а частоты, при которых коэффициент усиления равен 0 дБ, должен быть менее  $3,3 \cdot 10^3$  рад/с.

Ретранслятор, как и любой повторитель, получает питающее напряжение от кольца и подключенного вторичного источника питания. Положительное напряжение поступает из четырех проводов пары А (два сигнальных входа и два сигнальных выхода) и плюсового выхода вторичного источника питания. Отрицательное напряжение должно поступать от четырех проводов пары В и минусового выхода вторичного источника питания.

Ретранслятор должен находиться во включенном состоянии, когда среднее напряжение питания на входных и выходных парах и вторичном источнике питания находится в диапазоне 21...28 В. Постоянный ток не должен превышать 150 мА при входном напряжении 21...28 В и 120 мА при входном напряжении 28 В. Выброс тока при включенном питании не должен превышать 500 мА.

В каждой паре А и В должен присутствовать свой несущий сигнал, модулируемый по фазе поступающими битами.

При включенном питании импеданс каждой из двух входных пар должен находиться в пределах 90...150 Ом при измерении на частоте 5 МГц.

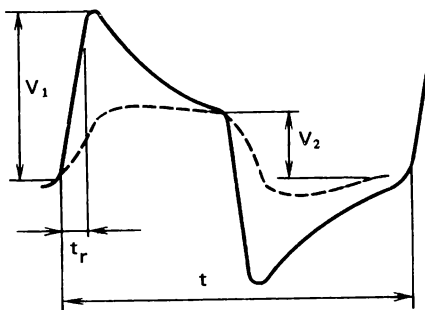
В течение 1 с после включения питания ретранслятор должен начать вырабатывать выходной сигнал, который модулируется среднеквадратическим волновым сигналом. Форма модулированного сигнала на выходе ретранслятора приведена на рис. 6.3. При сбалансированной нагрузке с импедансом 90...150 Ом сигнал имеет следующие параметры:

для последовательности двоичных единиц  $V_1 = 6,0 \pm 1,0$  В;  $V_2 = 2,3 \pm 0,3$  В;  $t = 200$  нс;  $t_r < 18$  нс;

для последовательности двоичных нулей  $V_1 = 6,0 \pm 1,0$  В;  $V_2 = 1,75 \pm 0,15$  В;  $t = 400$  нс;  $t_r < 18$  нс.

Биты должны кодироваться переходами сигналов в одной или обеих парах в начале каждого битового периода. При этом бит 1 должен кодироваться переходами в обеих парах, бит 0 — переходами в одной паре.

Рис. 6.3. Форма модулированного сигнала на выходе повторителя:  
 ----- принятый сигнал (типовой)



Примечание. При номинальной частоте 10 Мбит/с один битовый период равен 100 нс. Фактическая рабочая частота и, следовательно, битовый период определяются динамически при взаимодействии ретрансляторов и повторителей, а также в зависимости от общей длительности кольцевой задержки.

Непрерывная последовательность нулевых бит без промежуточных единичных бит или с четным числом промежуточных единичных бит должна кодироваться переходами в противоположно направленных парах; последовательность нулевых бит с нечетным числом промежуточных единичных бит должна кодироваться переходами в одной и той же паре. С учетом указанных условий переходы могут происходить в любой паре и в любом направлении каждой пары. Чувствительность ретранслятора  $V_g$  должна находиться в диапазоне 100...200 мВ.

При устойчивом сигнале с частотой 8,5...11,5 МГц и форме сигнала, соответствующей рис. 6.3, должны вырабатываться закодированные выходные сигналы с частотой входных сигналов и фазовой подстройкой частоты. При устойчивом сигнале с частотой 9,25...10,75 МГц и той же форме сигнала не должно возникать более 10 битовых ошибок за 10 мин в среднем в течение трехчасового периода. При нормальной работе в середине полосы частот частота битовых ошибок не должна превышать  $10^{-11}$ . Задержка ретранслятором битового потока не должна превышать 3,5 битовых интервала.

### 6.3.2. Узлы

Каждый узел сети может работать в двух основных режимах: активизированном и деактивизированном. Деактивизированный режим устанавливается сразу же после включения питания и получения соответствующей команды из ООД. Узел должен войти в активизированный режим после первого прохождения через него кольцевого пробела и получения соответствующей команды из ООД. Режим узла определяет активность управляющих линий интерфейса с ООД и действия узла со своими регистрами.

Все узлы ЛВС КТД подразделяются на два класса: основной и расширенный. Общая функция узлов обоих классов и управляющие функции узлов при приеме мини-пакетов приведены в табл. 6.2. Управляющая функция определяет состояние узла и значение некоторого протокольного параметра.

Функция ГОТОВНОСТЬ/ЗАНЯТОСТЬ определяет способность узла принимать мини-пакеты: в состоянии ГОТОВНОСТЬ узел может принимать мини-пакеты, в состоянии ЗАНЯТОСТЬ — не может.

Функция СЕЛЕКТОР ИСТОЧНИКА должна устанавливать одновременно только одно значение адреса источника из диапазона 0...255. При этом значение 0 означает "ни

## Основные функции узлов ЛВС КТД

Функция	Узел основного класса	Узел расширенного класса
Работа с тактами длиной, бит	40	40, 56, 72 и 88
Реализация управляющей функции при приеме мини-пакетов:		
ГОТОВНОСТЬ/ЗАНЯТОСТЬ	+	+
СЕЛЕКТОР ИСТОЧНИКА	+	+
ВЫБОР ИСТОЧНИКА/ОТКАЗ		+
ВЫБОР ТИПА/ОТКАЗ		+
ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПРИЕМ	Факультативно	+
УПРАВЛЕНИЕ РЕГИСТРАЦИЕЙ ПРИНИМАЕМЫХ ДАННЫХ	Факультативно	Факультативно

одного источника", значение 255 — "все станции — источники", любое из остальных значений означает конкретный источник, который должен быть выбран или отклонен в зависимости от состояния функции ВЫБОР ИСТОЧНИКА/ОТКАЗ.

В состоянии ВЫБОР ИСТОЧНИКА узел выбирает конкретный источник, указанный функцией СЕЛЕКТОР ИСТОЧНИКА, остальные источники отклоняются; в состоянии ОТКАЗ узел отклоняет источник, указанный функцией СЕЛЕКТОР ИСТОЧНИКА, и выбирает все остальные. Если селектор источника выбрал значение 0, то в состоянии ВЫБОР ИСТОЧНИКА адреса всех источников неприемлемы, в состоянии ОТКАЗ адреса всех источников приемлемы. Состояние узла не имеет значения, если селектор источника выбрал значение 255, либо если входной мини-пакет имеет адрес источника 255 (неправильный адрес), либо если адрес получателя имеет значение 0 или 255.

Функция ВЫБОР ТИПА/ОТКАЗ определяет три состояния узла: АВТОНОМ, в котором узел не отклоняет никаких пакетов на основе битов типа пакета; ВЫБОР, в котором могут быть выбраны только те мини-пакеты, у которых оба бита типа октета (А и В) установлены в то же значение, что и значение маски бита типа октета, установленной ООД; ОТКАЗ, в котором могут быть выбраны только те мини-пакеты, у которых оба бита типа октета имеют значение, отличное от маски бита типа октета.

Функция ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПРИЕМ определяет два состояния узла: ВКЛЮЧЕНО, в котором могут приниматься мини-пакеты с адресом получателя 255, и ВЫКЛЮЧЕНО, в котором такие мини-пакеты не могут приниматься. В узлах основного класса конкретное состояние устанавливается оператором, в узлах расширенного класса при активизации узла устанавливается состояние ВЫКЛЮЧЕНО, после чего ООД может изменить это состояние на ВКЛЮЧЕНО.

Функция УПРАВЛЕНИЕ РЕГИСТРАЦИЕЙ ПРИНИМАЕМЫХ ДАННЫХ также определяет два состояния узла: ВКЛЮЧЕНО, в котором узел может принимать мини-пакеты с адресом получателя 0 (мини-пакеты с ошибочными сообщениями) и доставлять их в ООД для регистрации, и ВЫКЛЮЧЕНО, в котором узел не может принимать такие мини-пакеты. При активизации узла должно устанавливаться состояние ВЫКЛЮЧЕНО; если ООД установило состояние ВКЛЮЧЕНО, оно должно сохраняться до тех пор, пока узел не будет активизирован.

При передаче мини-пакетов узлы обоих классов выполняют следующие функции.

Функция **УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧЕЙ** имеет два состояния: **ПЕРЕДАЧА РАЗВИВАЕТСЯ**, в котором узел ожидает возможности передать мини-пакет, либо ожидает возврата переданного мини-пакета, либо готовится проинформировать ООД о возврате переданного мини-пакета и не может принимать других команд на передачу, и **ПЕРЕДАЧА ВЫПОЛНЕНА** — в течение остального времени.

Функция **УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖИМЫМ МИНИ-ПАКЕТОВ** определяет адреса получателя, октеты данных и биты типа октета. Узел должен игнорировать эту функцию в состоянии **ПЕРЕДАЧА РАЗВИВАЕТСЯ**.

Функция **УПРАВЛЕНИЕ КОМАНДАМИ ПЕРЕДАЧИ** обеспечивает управление со стороны ООД командами передачи, повторными передачами мини-пакетов и сбросом передатчика. В состоянии **ПЕРЕДАЧА РАЗВИВАЕТСЯ** узел должен игнорировать эту функцию.

Функция **АВТОПОВТОР ПРИ ЗАНЯТОСТИ** имеет два состояния: **ВКЛЮЧЕНО**, при котором узел автоматически повторяет передачу возвращенных мини-пакетов без команды на передачу со стороны ООД, и **ВЫКЛЮЧЕНО**, в котором автоматическая повторная передача мини-пакетов не разрешается.

При попытке сброса (прерывания) передачи узел должен завершить текущую передачу мини-пакета и затем перейти в состояние **ПЕРЕДАЧА ВЫПОЛНЕНА**.

Для хранения считываемых в ООД данных и различного рода управляющей и служебной информации каждый узел должен иметь 11 логических (и, возможно, физических) регистров. Кроме того, пять адресов регистров зарезервированы для использования по усмотрению пользователя. Для хранения считываемых из ООД данных и различных видов информации каждый узел должен иметь девять основных и два зарезервированных регистра. Кроме того, пять логических регистров могут быть использованы по усмотрению пользователя.

На интерфейсе с ООД узел имеет четыре линии адресации регистров данных, восемь линий данных, три линии управления со стороны ООД и восемь линий управления со стороны узла.

При появлении на входе узла ошибок или неисправностей узел вырабатывает следующие мини-пакеты:

**PERR** — при появлении на входе мини-пакета с ошибкой четности;

**BMESS** — при потере входного сигнала вследствие потери разрыва кольца;

**IMESS** — при разрыве цепочки ведомой синхронизации, обеспечиваемой ООД.

Форматы и содержимое перечисленных мини-пакетов, а также мини-пакета **МОНИТОР** (см. 6.3.3), который содержит определенное монитором ошибочное сообщение, приведены в табл. 6.3.

При отсутствии входных сигналов узел должен выдавать либо непрерывную последовательность нулей, либо тактовые группы, состоящие из одного такта с мини-пакетом **BMESS** и пробела из 255 нулей и повторяющиеся до устранения разрыва кольца. При появлении на входе пробела, состоящего из 256 или более бит, узел должен непрерывно выдавать либо последовательность из такта с мини-пакетом **PERR** и пробела из 255 бит **НУЛЬ**, либо последовательность тактов, содержащих ведущий бит **ЕДИНИЦА** и все остальные биты **НУЛИ**.

С точки зрения структуры такта узел должен интерпретировать входной битовый поток в соответствии со следующими правилами.

1. Следующие биты должны рассматриваться как биты пробела: первый **НУЛЬ**, принятый после включения питания; **НУЛЬ**, непосредственно следующий за битом

Форматы и содержимое мини-пакетов с ошибочными сообщениями

Наименование бит(а), октета	Тип мини-пакета			
	PERR	BMES	IMES	МОНИТОР
Ведущий бит	ЕДИНИЦА	ЕДИНИЦА	ЕДИНИЦА	ЕДИНИЦА
Бит "Заполненный/ пустой"	ЕДИНИЦА	ЕДИНИЦА	ЕДИНИЦА	ЕДИНИЦА
Бит монитора	НУЛЬ	НУЛЬ	НУЛЬ	НУЛЬ
Адрес получателя	0	0	0	0
Адрес отправителя	Адрес узла, обнаружившего ошибку четности	Адрес узла обнаружившего разрыв линии	Адрес инициирующего узла	0
Октеты данных 7...2*	0	0	0	0
Октет данных 1	0	0	255	Счет ошибок
Октет данных 0	0	255	0	Индикаторы ошибок
Биты типа октета	НУЛЬ	НУЛЬ	НУЛЬ	НУЛЬ
Биты ответа	НУЛЬ	НУЛЬ	НУЛЬ	НУЛЬ
Биты четности	Четное	Четное	Четное	Четное

\* Наличие октетов данных 2...7 (представлены в мини-пакете в убывающей последовательности) зависит от длины используемого мини-пакета.

пробела; НУЛЬ, непосредственно следующий за тактом.

2. Следующие биты должны рассматриваться как первые биты такта (ведущие биты мини-пакета): ЕДИНИЦА, непосредственно следующая за битом пробела; ЕДИНИЦА, непосредственно следующая за тактом.

3. Следующие биты должны рассматриваться как биты такта: 40 непрерывных бит в узлах основного класса и  $n$  непрерывных бит (где  $n$  — длина такта) в узлах расширенного класса, начиная с первого бита такта.

Для определения такта, который возвращает переданный узлом и возвращаемый по кольцу мини-пакет, каждый узел должен вести счет тактов, начиная с первого такта, следующего за переданным мини-пакетом и кончая  $(k - 1)$ -м тактом (где  $k$  — общее число тактов между двумя предыдущими пробелами). Следующий  $k$ -й такт и будет содержать возвращаемый мини-пакет.

Узел должен правильно обрабатывать мини-пакеты при любом числе тактов в кольце в диапазоне 1...15 и любой длине пробела от 1 до 255 бит. Узел обеспечивает оператору возможность загружать в него адреса других узлов в диапазоне 1...254, распределяемых по узлам администратором сети. При устойчивом битовом потоке задержка узлом сигналов не должна превышать 3,5 битовых периода. Каждый узел может иметь секцию повторителя класса 1, 2 или 3.

Узел должен быть снабжен вилкой 50-контактного соединителя с ООД, параметры и

распределение контактов которого стандартизованы МСХ 8802-7. Параметры соединителя узла с источником вторичного питания определяются разработчиком сети.

### 6.3.3. Монитор

Разработчик сети может по своему усмотрению устанавливать следующие параметры и возможности монитора: выбрать основной или расширенный класс работы; выбрать диапазон числа пакетов в кольце от 1 до 7 или до 15; установить секцию повторителя класса 1, 2 или 3; выбрать ручное или автоматическое установление размера кольца; обеспечить выдачу ошибочных сообщений в регистрирующую станцию; установить сброс счетчика ошибок при значениях 128 или 256; предусмотреть конструктивно встроенный источник вторичного питания.

Поставщик монитора должен обеспечить: средство выбора длины такта при расширенном классе работы; средство выбора числа тактов в кольце при ручном установлении размера сети и вида информации, индицируемой на пульт оператора.

Монитор может получать питающее напряжение либо из кольца и подключенных вторичных источников питания, либо из местного основного источника питания, либо из того и другого. Электрические и механические параметры сопряжения монитора с кольцом и источниками питания в основном такие же, как и для станции и ретранслятора. Основной источник питания обеспечивает постоянный ток в диапазоне 0,2...0,5 А. Потребляемый монитором ток не превышает 2 А.

При отсутствии входных сигналов в цепях "ввод данных" кольцевого соединителя скорость передачи сигналов в цепях "вывод данных" находится в пределах 9,85...10,15 Мбит/с. Вносимая монитором задержка сигналов не должна превышать 4,5 битовых периода.

Монитор имеет счетчик ошибок и индикатор переполнения счетчика ошибок на пульт оператора. Максимальное значение счетчика ошибок может быть установлено в значение 128 или 256. При переполнении счетчика ошибок монитор продолжает счет ошибок, начиная с нуля, устанавливает индикатор переполнения счетчика и входит в режим повторного пуска.

Монитор обеспечивает следующие режимы работы: пуск/повторный пуск, продвижения и ресинхронизации.

Режим "пуск/повторный пуск" может инициироваться оператором либо автоматически при переполнении счетчика ошибок. В этом режиме определены две фазы работы монитора: пуск и синхронизация. При вхождении в фазу "пуск" монитор немедленно включает основной источник питания и выдает непрерывную последовательность стандартных тактовых групп. Каждый пакет содержит по одному мини-пакету одинаковой длины, в котором два первых бита установлены в 1, остальные — в 0. В этой фазе частота выходных сигналов монитора определяется самим монитором и на нее не должны оказывать влияния сигналы других компонентов кольца.

Фаза синхронизации должна начинаться не позже чем через 1,5 с после начала фазы "пуск", длиться не менее 1,25 с и не более 5 с и заканчиваться не позже чем через 10 с после начала фазы "пуск". В этой фазе синхронизации монитор фазирует свои выходные сигналы с входными, динамически регулируя частоту выходных сигналов путем взаимодействия с другими компонентами кольца.

При завершении режима "пуск/повторный пуск" монитор входит в режим продвижения и остается в нем до тех пор, пока не произойдет одно из следующих событий: нарушается структура тактовой группы; число всех ошибок превышает установленный

предел; выключается монитор. В этом режиме монитор принимает из кольца мини-пакеты, анализирует их на наличие ошибок, исправляет обнаруженные ошибки и выдает в кольцо полученные мини-пакеты в тех же тактах, в которых он их получил.

При нарушении структуры тактовой группы монитор должен войти в режим ресинхронизации, который длится до тех пор, пока на выходе не будут отсчитаны два кольцевых цикла с одним и тем же числом тактов и одинаковой длиной пробелов, и заканчивается не более чем через 5 с после входа в режим. В режиме ресинхронизации монитор действует так же, как и в описанной выше фазе синхронизации.

После обнаружения ошибочного сообщения монитор передает его в первом же пустом мини-пакете. Монитор должен зарегистрировать и вывести на дисплей оператора адрес источника первого сообщения PERR, принятого с момента последнего ручного пуска или сброса счетчика ошибок. Монитор может обеспечивать также функции информирования об ошибках, выполняемые регистрирующей станцией.

### 6.3.4. Регистрирующая станция

Разработчик сети может по своему усмотрению конструктивно объединять регистрирующую станцию с монитором или узлом, определять класс работы станции (основной или расширенный), использовать повторительную секцию класса 1, 2 или 3, устанавливать в определенное значение бит "заполнен/пустой" при повторном выводе мини-пакета, адресованного этой станцией, выбирать способ регистрации ошибок.

Поставщик регистрирующей станции может по своему усмотрению определить физические параметры соединителя с вторичным источником питания; способ работы регистрирующей станции с определенной длиной мини-пакета и средства представления регистрируемых ошибок.

Регистрирующая станция должна получать независимое от других элементов сети (в том числе ретранслятора) питание из кольца и вторичного источника питания.

Большинство входных и выходных электрических параметров регистрирующей станции аналогично соответствующим параметрам других компонентов сети. В частности, типы и параметры соединителей, характеристики выходных сигналов регистрирующей станции должны быть такими же, как у ретранслятора. Регистрирующая станция воспринимает входной битовый поток как тактовую группу аналогично узлу (всегда как правильную), но не монитору (который анализирует правильность тактовой группы). Задержка прохождения сигналов в регистрирующей станции не должна превышать 3,5 битовых периода, если бит З/П установлен в 1, и 15,5 битовых периода, если бит З/П установлен в 0.

Каждый входной мини-пакет должен рассматриваться регистрирующей станцией как мини-пакет, содержащий сообщение с ошибкой в следующих случаях: бит З/П установлен в 1; адрес получателя нулевой; адрес узла-отправителя, либо октет данных 0, либо октет данных 1 отличен от нуля.

Мини-пакеты должны выдаваться регистрирующей станцией с соблюдением следующих правил:

бит З/П остается неизменным (т.е. в значении 1), если фиксированная задержка станции не превышает 4 битовых периода, в противном случае он устанавливается в значение 0, если эта задержка превышает 4 битовых периода;

бит четности всегда должен выдаваться в значении "четный";

все остальные биты должны выдаваться в неизменном виде.

Входная информация, содержащаяся в полях адреса и октетах данных, кроме мини-пакетов с ошибочными сообщениями, не заносится в память станции и может

быть выдана на любой из доступных выходов станции. Если на входе станции появляется пробел длительностью 256 бит или более, станция должна передавать один ведущий бит с интервалом от 256 до 344 бит в зависимости от установленной длины такта.

Регистрирующая станция фиксирует все сообщения BMESS и IMESS, сообщения PERR с накоплением их общего числа и ошибочные сообщения МОНИТОР с накоплением суммы сообщений каждого типа. При этом станция может аннулировать все те виды ошибочных сообщений, которые поступают на ее вход в фазе пуска, синхронизации и ресинхронизации, регистрируя лишь время прохождения этих фаз.

### 6.3.5. Вторичный источник питания

Разработчик сети может по своему усмотрению устанавливать максимальное нормированное значение тока, а также объединение вторичного источника питания с любым из следующих устройств — ретранслятором, узлом, монитором или регистрирующей станцией. Вторичный источник питания обеспечивает напряжение в диапазоне 27...28 В при любом потребляемом токе вплоть до максимального нормированного тока, определяемого поставщиком устройства. Значения этого тока должны находиться в диапазоне 0,8...1,5 А. При коротком замыкании выхода устройства не должно выходить из строя и ток в цепи замыкания не должен превышать 2 А.

При указанном выше номинальном диапазоне выходного напряжения и диапазоне постоянного тока 0...1,5 А среднеквадратическое значение переменной составляющей выходного напряжения не должно превышать 0,1 В при частотах питающего напряжения 50, 60, 100 и 120 Гц и 0,01 В при более высоких частотах.

Должно быть обеспечено автоматическое регулирование по напряжению выходной мощности устройства между линиями положительного напряжения кольца и линией  $V_{sig}$ . Выходное напряжение должно включаться, когда управляющее напряжение постоянного тока превышает 21 В, и выключаться, когда оно падает ниже этого значения (в каждом случае с допуском  $\pm 10\%$ ).

Вторичный источник питания имеет цепь выдачи положительного напряжения в кольцо, цепь выдачи отрицательного напряжения в кольцо и цепь управления обратным напряжением в кольце. Ни одна из этих цепей не должна соединяться с цепью местного заземления.

Механические параметры соединителя не должны допускать возможность его ошибочного соединения с вилкой или розеткой 15-контактного сетевого соединителя и 50-контактного интерфейсного соединителя узла.

## 6.4. ПРИНЦИПЫ И ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

### 6.4.1. Принципы построения сети

Узлы, монитор и регистрирующая станция подключаются к физической среде через розетку сетевого соединителя (см. рис. 6.1). Ретрансляторы подключаются к свободным розеткам сетевого соединителя (к которым не подключено ни одно из перечисленных выше устройств). Если к розетке сетевого соединителя не подключено ни одно из устройств, к ней должна быть подключена вилка связности.

Розетка и вилка сетевого соединителя являются ответными частями 15-контактного соединителя, соответствующего стандарту МСC 4903, но имеющего иное распределение



контактов. Один или несколько физических сегментов, соединяемых вилками связности, могут образовывать логический сегмент с повторителями на концах.

Кольцо должно быть организовано таким образом, чтобы число циркулирующих бит не выходило за рамки наибольшего такта, обеспечиваемого монитором, регистрирующей станцией и узлами. Номинальное число (при скорости 10 Мбит/с) циркулирующих бит данных определяется из следующего расчета: 1 бит на каждые 22 м кольцевого кабеля; 3 бита на станцию-монитор; 3 бита на каждый повторитель и ретранслятор; 3 или 15 бит на регистрирующую станцию (в зависимости от ретранслятора).

Общее число бит в кольце определяется как число тактов, умноженное на число битовых позиций в такте, плюс 11 бит пробелов. Общая длина кабеля не превышает 4 км, а общее число узлов в кольце — не более 254.

На практике указанные параметры могут принимать несколько иные значения в зависимости от типа используемого кабеля, длины физических сегментов, уровня перекрестных помех, величины потерь в повторителях, соединителях, а также различий в электрических характеристиках смежных физических сегментов.

#### 6.4.2. Сеть "Кембриджское кольцо"

Одной из первых и наиболее известных ЛВС КТД стала сеть "Кембриджское кольцо" (Cambridge Ring), созданная в 1970-х гг. в лаборатории вычислительной техники Кембриджского университета. Сети "Кембриджское кольцо" функционируют во многих высших учебных заведениях и университетах Великобритании, а с 1981 г. они поставляются и коммерческими организациями.

Длина такта в сети — 38 бит, формат мини-пакета соответствует приведенному на рис. 8.19 (с учетом отсутствия двух бит типа данных).

Оборудование обработки данных (ЭВМ, терминалы, терминальные ЭВМ) подключаются к кольцу через блок доступа, станцию и повторитель (рис. 6.4). Для ЛВС "Кемб-

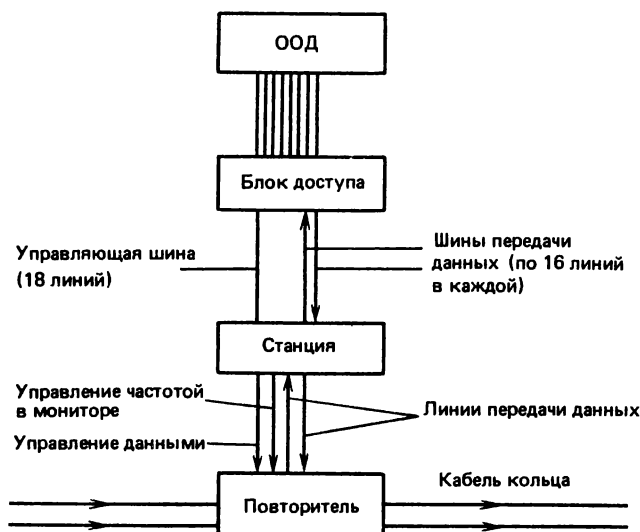


Рис. 6.4. Схема подключения устройств в сети ЛВС "Кембриджское кольцо"

риджское кольцо” характерно малое время ответа. Повторители создают небольшую задержку для мини-пакета — всего около 150 мс (1,5 битовых интервала). Даже при очень большой загрузке пустой такт поступает для заполнения примерно за  $4(n+1)$  мкс, где  $n$  — число станций в кольце.

Но эти преимущества достигаются ценой очень низкой эффективности использования канала передачи: 60 % общей пропускной способности используется для передачи служебных и управляющих бит, т. е. при номинальной скорости передачи 10 Мбит/с скорость передачи самих данных составляет всего 4 Мбит/с. Для отдельной станции эта скорость еще ниже. Поскольку каждая станция в любой момент может иметь в кольце только один мини-пакет и не может повторно загрузить вернувшийся такт с собственным мини-пакетом, пропускная способность одной станции составляет (приблизительно)  $4/(m+2)$  Мбит/с, где  $m$  — число мини-пакетов в кольце. Таким образом, при наличии в кольце одного мини-пакета скорость передачи составит 1,3 Мбит/с, а при 6 мини-пакетах этот показатель снижается до 0,5 Мбит/с.

Для расширения возможностей сети (поддержка станциями нескольких диалогов, сквозной контроль ошибок по всем сегментам) в Кембриджском университете разработаны усовершенствованные протоколы верхних уровней, в частности протокол базисных блоков BBP (Basic Block Protocol), потока байт BSP (Byte Stream Protocol) и одиночных символов SCP (Single Character Protocol).

Другие фирмы также разработали и поставляют на рынок ЛВС КТД, в частности ЛВС Polynet фирмы Logiciel VTC, фирмы Tokes Computed Ltd, Planet фирмы Rocal-Milgo и др.

## Раздел 7

# ИНТЕРВАЛЬНО-МАРКЕРНЫЙ МЕТОД ДОСТУПА

## 7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 7.1.1. Основные понятия

Интервально-маркерный доступ (ИМД) — метод коллективного доступа, при котором правила передачи информационных пакетов и синхромаркеров определяются длительностью временных интервалов, в течение которых среда передачи в данном пункте является свободной.

Синхромаркер — служебный пакет, передаваемый в ЛВС при отсутствии информационных пакетов с целью определения временных меток освобождения среды передачи.

Активная станция — станция сети, имеющая пакет данных для передачи.

Пассивная станция — станция, не имеющая в данное время пакетов для передачи.

Номер станции — целое число из диапазона  $0...(N-1)$ , являющееся уникальным идентификатором станции в данной ЛВС ( $N$  — число станций в данной сети).

Приоритет станции — целое число из диапазона  $0...(N-1)$ , являющееся уникальным идентификатором уровня приоритета данной станции.

Временной квант сети — временной интервал, определяющий максимальное время распространения сигналов между двумя узлами сети в наихудшем случае с учетом задержки в узлах и ретрансляторах.

Период передачи — интервал времени между двумя последовательными передачами синхромаркера.

Постоянное логическое кольцо — фиксированная последовательность перехода права на передачу пакетов между станциями, включающая все станции сети.

Динамическое логическое кольцо — временная последовательность перехода права на передачу пакетов между станциями сети, включая только активные на момент организации кольца станции.

Состояние молчания среды — состояние станции ЛВС, при котором ни на один из входов станции не поступают сигналы, соответствующие передаче какой-либо станции.

Пакетно-приоритетная передача (ППП) — режим работы ЛВС, при котором право станции на передачу пакета зависит от приоритета передаваемого пакета.

Станционно-приоритетная передача (СПП) — режим работы ЛВС, при котором право занятия среды передачи после ее освобождения определяется приоритетами, присвоенными всем станциям сети.

Циклическая последовательная передача (ЦПП) — режим работы, при котором станции ЛВС получают право на передачу пакетов в порядке циклической последовательности, зависящей от их номеров.

Таймер передачи пакетов (ТПП) — таймер, регламентирующий передачу пакетов данных. При срабатывании этого таймера (истечении тайм-аута) станция имеет право начать передачу пакетов в среду.

Таймер передачи синхромаркеров (ТПС) — таймер, регламентирующий передачу пакетов данных и синхромаркеров. При срабатывании этого таймера (истечении тайм-аута) станция имеет право начать передачу пакетов данных, а при их отсутствии должна передать синхромаркер.

Таймер предельного времени передачи (ТПВ) — таймер, регламентирующий предельное время, в течение которого станция, получившая право передачи, может непрерывно передавать свои пакеты.

Таймер предельного времени занятости среды (ТПЗ) — таймер, определяющий предельное время, в течение которого среда передачи может быть непрерывно занята передачей пакетов, поступающих от различных станций сети.

## 7.1.2. Назначение и область применения

Настоящий протокол разработан в Лаборатории Информационных проблем вычислительных сетей Научного совета АН СССР по комплексной проблеме "Кибернетика" на базе метода построения локальных сетей с ИМД, предложенного в [10, 11] и развитого при разработке данной версии протокола. При подготовке протокола в основу его структуры положены проекты международных стандартов МОС 8802-4 и 8802-5 с тем, чтобы протокол ИМД вписывался в общую систему протоколов МОС серии 8802 и базировался на использовании стандартных протоколов физического уровня (8802-4, 8802-5) и протокола УЛЗ (8802-2).

Основной особенностью настоящей версии является развитие метода ИМД для обеспечения возможности его применения на сетях с различной топологией: магистральной (типа шины), кольцевой, матричной, ячеистой и др., а также для расширения круга допустимых дисциплин передачи, включая пакетно- и станционно-приоритетную передачу и равномерное динамическое распределение пропускной способности сети между всеми станциями, имеющими пакеты для передачи. Кроме того, в настоящей версии при беспriorитетной дисциплине передачи предусматриваются два варианта организации логического кольца: с постоянным включением всех станций

сети и с динамически изменяющимся логическим кольцом, включающим в данное время только те станции, которые имеют пакеты для передачи.

Настоящий протокол определяет бесконфликтный метод доступа к физической среде ЛВС, который и обеспечивает возможность построения ЛВС с различной топологией.

Метод ИМД определяет процедуру управления доступом к физической среде. Взаимосвязь настоящего протокола с другими стандартами семейства МОС 8802 показана на рис. 1.2.

Принцип подключения станции ЛВС ИМД к сети показан на рис. 7.1. В общем случае станция локальной сети (СЛС) имеет  $M$  дуплексных входов для подключения к  $M$  средам передачи, где  $M \geq 1$ . По каждому входу осуществляется как прием, так и передача сигналов к другим СЛС. В случае необходимости может использоваться однонаправленная передача, при

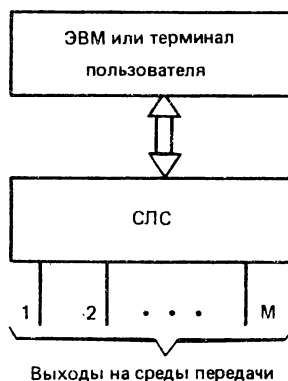


Рис. 7.1. Подключение станции к ЛВС ИМД

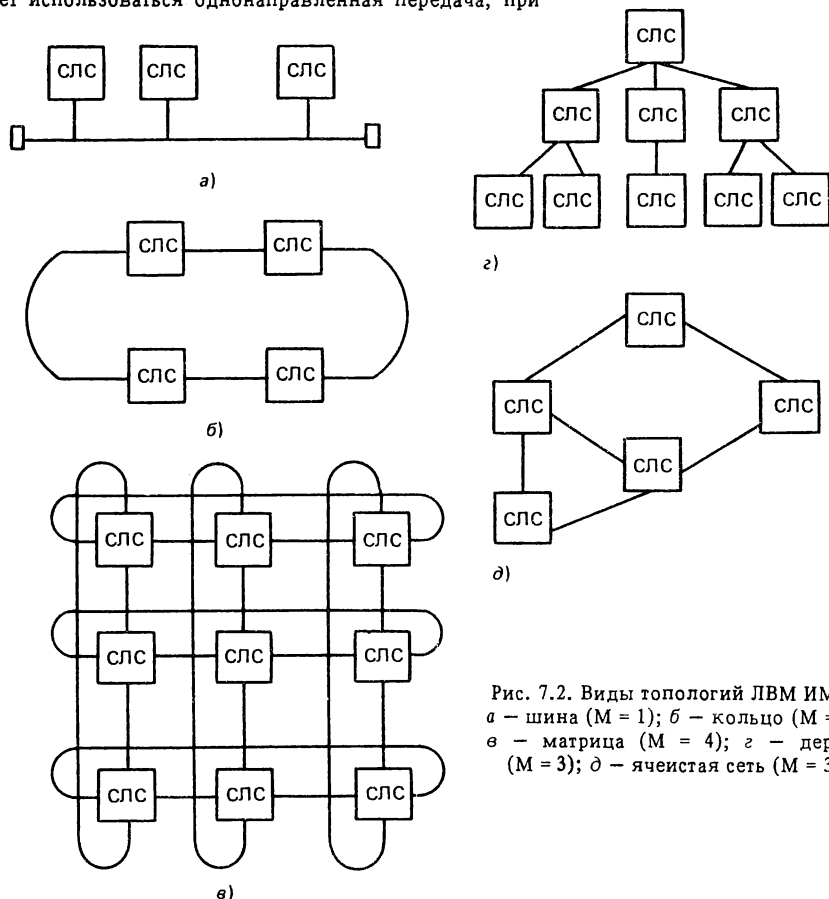


Рис. 7.2. Виды топологий ЛВС ИМД:  
а — шина ( $M = 1$ ); б — кольцо ( $M = 2$ );  
в — матрица ( $M = 4$ ); г — дерево  
( $M = 3$ ); д — ячеистая сеть ( $M = 3$ )

которой передача и прием данных осуществляются по отдельным входам. Виды топологий, на которых может функционировать ИМД, показаны на рис. 7.2. При использовании топологии типа шины каждая СЛС подключается к шине через короткий соединительный кабель так же, как это предусмотрено на физическом уровне стандарта 8802-4. При использовании топологий с большим числом подключений ( $M \geq 1$ ) каждая станция, которая не находится в режиме передачи, выполняет определенным образом организованные функции ретрансляции входных сигналов.

На физическом уровне протокол ИМД может использовать методы передачи сигналов, принятые в протоколах МОС 8802-4 (для топологий типа шины, дерева, матрицы и др.) или МОС 8802-5 (для топологии кольца с однонаправленной передачей). Другие протоколы физического уровня находятся в стадии изучения.

На уровне управления логическим каналом протокол ИМД взаимодействует с протоколом МОС 8802-2. Протокол предусматривает возможность передачи в трех режимах приоритетов:

- бесприоритетной циклической последовательной передачи (ЦПП), реализуемой на сетях с различной топологией;

- пакетно-приоритетной передачи (ППП), реализуемой на кольцевых сетях с однонаправленной передачей;

- станционно-приоритетной передачи (СПП), реализуемой на сетях с различной топологией.

В случае ЦПП станции сети получают право на передачу своих пакетов в определенной циклической последовательности, не зависящей от приоритетов станций или передаваемых пакетов. При ППП получение права на передачу пакетов зависит от приоритетов пакетов, которые имеются на станциях. При использовании СПП каждой станции присвоен определенный уровень приоритета и право на передачу пакетов перемещается между станциями в соответствии с их приоритетами.

## 7.2. ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛУГ

### 7.2.1. Сущность интервально-маркерного доступа

В процессе функционирования станция наблюдает за состоянием приемных или передаточных сред и фиксирует два состояния: молчание или занятость среды. При переходе от молчания к занятости в процессе приема кадр станция фиксирует определенные параметры из поступающего кадра и в некоторых случаях может модифицировать проходящие кадры. При переходе среды в состояние молчания станция принимает решение о возможности и времени начала передачи своих пакетов данных или синхромаркера. Это решение зависит от используемого в сети принципа передачи пакетов.

В случае ЦПП решение о возможности передачи пакетов данных определяется длительностью временного интервала, в течение которого среда передачи остается свободной. Этот интервал, в свою очередь, зависит от номера данной станции, номера станции, после передачи которой среда перешла в состояние молчания, временного кванта сети  $\Delta T$  и числа станций в сети  $N$ .

При СПП временной интервал передачи пакетов зависит от  $\Delta T$  и приоритета станции.

В случае ППП, реализуемой на кольцевой сети, решение о возможности передачи пакета данных зависит от приоритета пакетов, имеющихся на данной станции, и текущего приоритета сети.

Решение о необходимости передачи синхромаркера всегда определяется длительностью временного интервала, в течение которого среда остается свободной. Величина

этого интервала зависит только от номера данной станции, временного кванта сети  $\Delta T$  и числа станций сети. Значение указанного интервала выбирается таким образом, что синхромаркер передается лишь при отсутствии в сети пакетов данных.

### 7.2.2. Принципы функционирования СЛС при ЦПП и СПП

При переходе среды в состояние молчания станция запускает два таймера: передачи пакетов (ТПП) и передачи синхромаркеров (ТПС). Длительность временного интервала ТПП при ЦПП зависит от номера данной станции  $i$ , номера станции  $k$ , после передачи которой среда перешла в состояние молчания, временного кванта сети  $\Delta T$  и числа станций  $N$ . При СПП длительность ТПП зависит от тех же параметров, что и при ЦПП, кроме номера станции  $k$ , после передачи которого среда перешла в состояние молчания.

Передача по сети при ЦПП может осуществляться в двух режимах: с включением в логическое кольцо всех станций сети (постоянное логическое кольцо) или с включением в логическое кольцо только активных станций, т.е. станций, которые имеют в данное время пакеты для передачи (динамическое логическое кольцо). Значения ТПП для этих режимов определяются по-разному.

Длительность ТПС при ЦПП и СПП зависит только от  $i$  и  $\Delta T$ . Длительность ТПП всегда меньше длительности ТПС. По истечении ТПП станция может начать передачу пакета данных, по истечении ТПС она обязана передать синхромаркер.

Значения ТПП и ТПС выбираются таким образом, чтобы обеспечить бесконфликтную передачу в сети с заданными параметрами  $t_m$  и  $\Delta t$ . Способ определения времени задержки таймеров ТПП и ТПС приведен в 7.2.3.

Принцип функционирования станций ЛВС ИМД определяется следующим алгоритмом.

0. При включении станции в сеть запустить ТПС, если среда находится в состоянии молчания. Если среда занята, ожидать ее освобождения и после этого запустить ТПС.

1. В процессе нормального функционирования станция наблюдает за всеми передаваемыми пакетами и в случае ЦПП фиксирует номер станции, передающей пакет данных или синхромаркер. Все поступающие на один из входов станции пакеты ретранслируются на все выходы станции. При этом все остальные входы станции, кроме того, с которого первым по времени начал поступать пакет, блокируются до перехода среды в состояние молчания, т.е. до появления сигналов молчания на всех входах станции.

2. При переходе среды в состояние молчания запускаются ТПП и ТПС.

3. Если до истечения ТПП среда оказалась занятой, выключить таймеры ТПП и ТПС и перейти к 1.

4. Если в течение времени, определяемого ТПП, среда оставалась в состоянии молчания, то по истечении ТПП станция может начать передачу пакетов данных. Передача пакета должна быть начата до окончания интервала максимально допустимого времени реакции станции  $\Delta t$  по истечении ТПП. При отсутствии пакета станция не производит каких-либо действий. Пакеты данных могут передаваться данной станцией в течение тайм-аута предельного времени передачи (ТПВ).

Передаваемый пакет данных поступает на все выходы данной станции. Если станция имеет выходы, к которым подключены приемные среды передачи, то она может принимать свой собственный пакет, возвращающийся из сети по одному из входов, на котором этот пакет появился первым. Все остальные входы после начала приема по одному из входов блокируются до перехода всех входов в состояние молчания. Если к станции подключены только приемопередающие среды, то передача ведется во все среды и прием блокируется до завершения передачи и перехода всех сред в состояние молчания. При переходе среды в состояние молчания передававшая станция запускает ТПП и ТПС, устанавливая при ЦПП  $k=i$ , и переходит к 3.

5. Если среда находилась в состоянии молчания в течение времени, определяемого ТПС, то станция должна передать синхромаркер. Передача синхромаркера осуществляется так же, как и пакета данных (см. 4).

В случае ЦПП величина временного интервала, определяемого ТПП,  $[ТПП] = \Delta T [i - k - 1 - \Delta k] N$ , где  $\Delta T \geq 2\tau_m + \Delta\tau$  — временной квант сети при произвольном распределении номеров станций по сети. Значение  $\Delta T$  можно определить из выражения  $\Delta T = m T_0$ , где  $T_0$  — время передачи одного бита;  $m \geq [2\tau_m + \Delta\tau]/T_0$ ,  $[X]$  — наименьшее целое, равное или превышающее  $X$ ;  $\tau_m$  — максимальное время распространения сигналов в сети между наиболее удаленными точками (в сети, где допускаются отказы станций и сред передачи,  $\tau_m$  определяется с учетом возможных отказов). Значение  $\tau_m$  должно включать задержки ретрансляции в станциях сети, если таковые имеются;  $\Delta\tau$  — максимальное допустимое время реакции станции ЛВС; определяет предельный интервал, до истечения которого станция, получившая права на передачу (истек ТПП или ТПС), должна начать фактическую передачу;  $i$  — номер станции сети, в которой определяется тайм-аут;  $k$  — номер станции сети, после передачи которой среда перешла в состояние молчания;

$[x+y]N$  — операции по модулю  $N$ ;  $N$  — число станций, подключенных к сети. Номера станций лежат в пределах  $0 \dots N - 1$ ;  $\Delta k$  — смещение ТПП.

При работе с постоянным логическим кольцом  $\Delta k$  всегда равно 0. При работе в режиме динамического логического кольца  $\Delta k$  определяется на каждом периоде передачи. В этом случае все станции сети подразделяются на активные (имеющие пакеты для передачи) и пассивные (у которых нет пакетов для передачи). Все станции при освобождении среды передачи запускают ТПС, и по его окончании одна из станций передает синхромаркер.

Активные станции для вхождения в логическое кольцо ожидают передачи в сети синхромаркера и после этого начинают при каждом освобождении сети запускать оба таймера ТПП и ТПС. При первом истечении ТПП станция передает свой первый в данном периоде пакет и фиксирует смещение  $\Delta k = [i - k_T - 1] N$ , где  $k_T$  — номер станции, после которой станция в данном периоде передала свой первый пакет. Величина  $\Delta k$  для данной станции остается постоянной до завершения данного периода, т. е. до передачи всеми активными станциями своих пакетов (или истечения ТПВ), перехода их в пассивное состояние и передачи синхромаркера. После этого начинается новый период.

Новая станция включается в переменное логическое кольцо после передачи синхромаркера, т. е. после начала нового периода и завершения ТПП. Выход из текущего логического кольца может осуществляться в любое время без реализации какой-либо процедуры.

В случае СПП интервал времени, определяемый ТПП,  $[ТПП] = \Delta T_i$ , интервал, определяемый ТПС,  $[ТПС] = \Delta T (N+i)$  и интервал, определяемый ТПВ,  $[ТПВ] = m_1 T_0$ , где  $m_1$  — коэффициент предельного времени передачи, выраженный в битах.

Станция может начинать передачу очередного пакета при условии, что с момента начала передачи не истек ТПВ. В случае использования режима динамического логического кольца по истечении ТПВ станция прекращает передачу своих пакетов и ожидает начала организации нового динамического кольца.

### 7.2.3. Принципы функционирования станции ЛВС ИМД при ППП

Метод ИМД с ППП может реализовываться только на кольцевой ЛВС с односторонней передачей типа сети, определяемой МОС 8802-5. Кольцевая сеть состоит из совокупности станций, последовательно соединенных средой передачи (см. рис. 5.1).

Таблица 7.1

Услуги физического уровня для подуровня УДС в ЛВС ИМД

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме
ФИЗ_БЛОК_ДАННЫХ. запрос	Символ	Запрос на передачу символа в физическую среду	Физический уровень кодирует и передает символ в физическую среду
ФИЗ_БЛОК_ДАННЫХ. индикация	Символ	Информирование подуровня УДС о приеме символа из физической среды	Не определены
ФИЗ_РЕЖИМ. привлечение	Режим	Установление заданного режима работы физического уровня	Физический уровень устанавливает требуемый режим работы
ФИЗ_УВЕДОМЛЕНИЕ. привлечение	Отсутствуют	Информирование физического уровня о завершении передачи кадра	Физический уровень готовится к приему молчания и переключается в режим повышенной скорости

Таблица 7.2

Услуги на интерфейсе физического уровня с диспетчером станции в ЛВС ИМД

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме
ФИЗ_СБРОС. привлечение	Отсутствуют	Сброс физического уровня в исходное состояние	Физический уровень переходит в исход- ное состояние и информирует ДИСП о топологии сети и своей роли
ФИЗ_СБРОС. ответ	Тип_топологии_ ЛВС, роль_ФИЗ	Информирование ДИСП о сбросе физического уровня и выдача ему запрошенных параметров	Диспетчер выбирает на основе получен- ных параметров необходимый протокол работы УДС
ФИЗ_ЗАПРОС_ РЕЖИМНЫХ_ ВОЗМОЖНОСТЕЙ. привлечение*	Класс режимов	Запрос физического уровня о возможностях заданного класса режимов работы	Физический уровень выдает ДИСП ответный примитив с указанием запро- шенных параметров



Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме
ФИЗ_ЗАПРОС_РЕЖИМНЫХ_ВОЗМОЖНОСТЕЙ.ответ*	Класс режимов, отчет_0_	Информирование ДИСП о классе режимов работы физического уровня и о его возможностях в этом классе	Не определены
ФИЗ_ЗАПРОС_РЕЖИМА.привлечение*	Класс режимов	Запрос физического уровня о текущем режиме работы из заданного класса	Физический уровень выдает ДИСП ответный примитив с указанием текущего режима работы
ФИЗ_ЗАПРОС_РЕЖИМА.ответ*	Класс режимов, текущий_режим	Физический уровень сообщает ДИСП текущий режим работы из заданного класса	Не определены
ФИЗ_ВЫБОР_РЕЖИМА.привлечение*	Класс режимов, новый режим	Указание физическому уровню установить новый режим работы заданного класса	Физический уровень пытается установить новый режим работы и информирует ДИСП о результатах
ФИЗ_ВЫБОР_РЕЖИМА.ответ*	Класс режимов, состояние	Информирование ДИСП о результатах выполнения примитива по изменению режима работы	Не определены
ФИЗ_ИЗМЕНЕНИЕ_РЕЖИМА.информирование	Отсутствуют	Информирование ДИСП о незапланированных изменениях режима работы физического уровня	Не определены

\* Факультативный примитив.

Станция, обладающая в данный момент правом передачи по сети, осуществляет ввод кадра в сеть. Все остальные станции, подключенные к сети ретранслируют передачу. Станция-адресат, которой предназначен кадр, одновременно с ретрансляцией копирует кадр в свою память. Переданный кадр последовательно проходит через все станции кольца и возвращается к станции, осуществившей передачу. Эта станция исключает кадр из кольца.

Интервально-маркерный доступ на кольцевой сети может осуществляться в двух режимах:

при синхронном кольце, когда побитовая синхронизация всех узлов сети непрерывно осуществляется от синхрогенератора некоторого одного (ведущего) узла сети. В этом случае интервалы между пакетами заполняются пустыми символами, которые не несут информации и используются лишь для битовой синхронизации кольца;

при асинхронном кольце, когда в интервалах между кадрами передача отсутствует и побитовая синхронизация осуществляется лишь в течение передачи кадра и его преамбулы от синхрогенератора передающей станции.

В настоящем протоколе, как и в протоколе ЛВС КМД (МОС 8802-5), предусматривается условие передачи по синхронному кольцу.

Каждая станция в процессе ретрансляции кадра фиксирует момент завершения приема кадра (освобождение среды передачи) и в зависимости от этого момента, текущего приоритета сети  $P_i$  и максимального приоритета имеющихся в узле пакетов  $P_m$  определяет возможность передачи своего кадра. Кроме того, в целях формирования временных меток на кольце каждая станция при отсутствии передачи от других станций в течение некоторого интервала  $\Delta T_i$ , зависящего от номера данной станции ( $i$ ), обязана при отсутствии у нее пакетов данных передать синхронизирующий маркер (синхромаркер).

Интервал  $\Delta T_i$  определяется таким образом, что синхромаркеры передаются только в случае отсутствия кадров данных во всех станциях сети, т.е. при полностью свободной сети. Назначением синхромаркера является временная синхронизация, а не передача управления следующей станцией, как это делается при маркерном методе доступа. Предельное время, в течение которого некоторый узел, получивший право доступа к среде, может осуществлять передачу, контролируется ТПВ.

В сети могут использоваться несколько уровней приоритета, передаваемых пакетов, назначаемых в зависимости от относительного класса обслуживания, требуемого для сообщений определенного типа. Формализованное описание протокола ИМД приведено в [20].

## 7.2.4. Определение услуг

Услуги, предоставляемые подуровнем УДС подуровню УЛЗ, перечислены в сводной табл. 2.5. Услуги физического уровня, предоставляемые подуровню УДС, приведены в табл. 7.1, а услуги на интерфейсе между физическим уровнем и диспетчером станции (ДИСП) — в табл. 7.2.

## 7.3. СТРУКТУРА И ФОРМАТЫ КАДРОВ

### 7.3.1. Форматы кадров

Кратко рассмотрим форматы кадров УДС, используемые при ИМД. Кадры данных, посылаемые или получаемые УДС, имеют формат, аналогичный формату кадров данных в ЛВС КМД (см. рис. 5.2) за исключением наличия в ИМД поля преамбулы перед началом кадра (непосредственно перед полем НО), используемой в тех сетях, которые не имеют постоянной битовой синхронизации. Их структура базируется на

форматах кадров стандартов МОС 8802-4 и 8802-5. Последовательность передачи полей кадров и разрядов полей та же, что и для кадров ЛВС ИМД и ЛВС КМД. Число октетов в кадре не должно превышать 8181. Формат кадра прерывания также аналогичен кадру прерывания в ЛВС ИМД и ЛВС КМД (образуется из полей НО и КО в указанной последовательности).

В связи с изложенным не будем приводить детальное описание полей кадров, которые имеют стандартизированные структуры, а рассмотрим лишь некоторые особенности, связанные с использованием ИМД. Это относится только к полям УК и СК, применяемым только в кольцевых сетях с протоколом ППП.

Поле УК (один октет) определяет класс передаваемого кадра. Различают четыре общих класса кадров: управляющие кадры УДС, информационные кадры УЛЗ, информационные кадры диспетчера станции и кадры, зарезервированные для дальнейшего использования. Форматы кадров каждого из этих классов определяются стандартным образом. Специфика ИМД сказывается только на определении управляющих кадров.

Поле УК управляющего кадра УДС имеет вид 00CCCCC, где CCCCC — тип управления кадром. При ИМД используется два управляющих кадра УДС: 0000000 — синхромаркер, 0011111 — управляющий кадр УДС "неисправность" (НИ).

Поле СК при ИМД имеет вид А С А С г Rг Rг Rг, где А — биты, распознаваемые адресом; С — биты копирования кадра; г — резервный бит (0); Rг — текущий приоритет сети. Бит г при передаче кадра равен 0, но приемная станция его не анализирует. Биты А и С устанавливаются станцией-отправителем кадра в значение 0. Если приемная станция распознала свой адрес (индивидуальный или групповой), она устанавливает биты А равными 1. Если станция-адресат не только распознала адрес, но и скопировала кадр в свой приемный буфер, то она устанавливает биты С равными 1. Это позволяет станцией-отправителем различать три состояния передачи кадра: станция-адресат отсутствует или отключена (неактивна); станция существует, но кадр не принят (не скопирован); кадр принят (скопирован).

Биты А и С устанавливаются при условии, что принятый кадр является правильным. Если станция назначения при приеме адресованного ей кадра обнаруживает, что при индивидуальном адресе АП биты А равны 1, то делается предположение о наличии другой станции на сети с таким же адресом и принимаются необходимые действия. Если станция-отправитель обнаружила, что А = 1, а С = 0, делается предположение, что станция-адресат в данное время находится в состоянии перегрузки и не может принимать кадры.

Биты Rг устанавливаются станцией, сформировавший кадр в виде:  $Rг = \max \{R, R_m\}$ , где R — значение поля резервирования в начальной последовательности последнего кадра, принятого станцией; R<sub>m</sub> — максимальный приоритет пакета, имеющегося в данной станции.

### 7.3.2. Перечень типов кадров

Покажем, как организована структура различного типа кадров, передаваемых подуровнем УДС при ИМД. Подуровень УДС передает и принимает следующие кадры.

Кадр синхромаркера содержит поле АП = 11...1, поле УК = 00...0 и нулевое поле информации.

Кадр проверки дублирования адреса (ПДА) имеет поле УК, равное 00111111. Этот кадр используется на кольцевой сети с ППП для проверки отсутствия в сети другого узла, адрес которого совпадает с данным. Сущность проверки состоит в посылке по кольцу сети кадра с адресом узла-получателя, равным адресу узла-отправителя, который осуществляет тестирование. Наличие дублирующего адреса может быть

обнаружено при возвращении к узлу отправителю данного кадра, в котором биты А в поле СК установлены равными 1.

Кадр НИ передается при обнаружении серьезных повреждений на сети для локализации места повреждения. Поле УК этого кадра имеет вид 00111111.

Информационные кадры подуровня УЛЗ содержат в поле информации блок данных УЛЗ. Поле УК этого кадра имеет вид 01MMMPRR, где МММ – режим передачи; РРР – приоритет. Кадры такого типа, имеющие ненулевое поле информации, передаются подуровню УЛЗ принимающей станции.

Информационные кадры диспетчера станции содержат поле УК, равное 10MMMPRR. Поле АП и поле информации этих кадров задаются компонентом диспетчера станции. Кадр такого типа, имеющий ненулевое поле информации, передается компоненту диспетчера принимающей станции.

Информационные кадры специального назначения содержат поле УК, равное 11MMMPRR. Поле АП и поле информации этих кадров задаются подуровнем специального назначения станции. Кадр такого типа, имеющий ненулевое поле информации, передается соответствующему подуровню специального назначения в принимающей станции, если таковой имеется.

Кадр считается недействительным, если выполняется хотя бы одно из следующих условий.

1. Кадр содержит искажения, обнаруженные на физическом уровне (например, содержит информационные или неправильные символы).

2. Число бит в кадре не кратно восьми.

3. Кадр не содержит поля НО, поля управления кадром, двух соответствующим образом сформированных адресных полей, одного поля информации соответствующей длины (в зависимости от битовой комбинации, заданной в поле УК), поля КПК и ограничителя кадра в указанном порядке.

4. При вычислении КПК (вычисление выполняется над всеми октетами, которые находятся между полями НО и КО кроме поля УД) не получается соответствующий остаток.

Дополнительные условия, при выполнении которых кадр считается недействительным (в условиях конкретной реализации ЛВС):

5. Поле УК содержит нерегламентированную комбинацию бит.

6. Установлен в единицу бит индикации ошибки (индикатор ошибки), который располагается в поле НО.

Недействительные кадры рассматриваются принимающей станцией как шум. Их существование в виде всплесков шумов необходимо учитывать на некоторых этапах процедуры ИМД.

## 7.4. ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ИМД

Основные особенности метода ИМД:

эффективно используется пропускная способность среды передачи. При высокой нагрузке на сеть тратится незначительная часть пропускной способности среды на координацию работы станций. Так, в наихудшем случае, когда все станции имеют пакеты для передачи, очередная станция может начать передачу непосредственно в момент освобождения среды в этой станции после окончания передачи предыдущей станции. Такой режим при определенных условиях, которые практически всегда реализуются в локальных сетях, является оптимальным по использованию пропускной способности среды передачи;

реализуется несколько режимов приоритета передачи. В случае беспriorитетной передачи станции получают право на передачу в циклической последовательности, соответствующей последовательности их номеров. При пакетно-priorитетной передаче

на кольцевой сети станции, имеющие пакеты с одинаковым приоритетом, получают право на передачу по циклической последовательности, соответствующей расположению станций в кольце. При станционно-приоритетном режиме порядок перехода права на передачу зависит от приоритетов, присвоенных станциям сети;

повышается надежность функционирования сети за счет использования многосвязных топологий, при которых отказы отдельных узлов и разрывы линий связи не приводят к нарушению нормальной работы других станций сети;

обеспечивается бесконфликтность, гарантирующая верхний предел задержки. При наличии в сети информационных пакетов не требуется передача служебной информации для управления работой сети;

в сети не требуется станция-монитор, контролирующая процедуру доступа и осуществляющая меры по восстановлению работоспособности процедур доступа при некоторых ошибках и сбоях;

обеспечивается возможность работы с включением в логическое кольцо последовательности передачи всех станций или только активных на данном периоде станций. Формирование логического кольца, включающего только активные станции, не требует реализации какой-либо процедуры с обменом между станциями служебными сигналами.

## Раздел 8

### ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕЙСНАЯ ЛВС

#### 8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 8.1.1. Основные понятия

Волоконно-оптическая интерфейсная ЛВС ВОИ (Fiber distributed data interface FDDI) — кольцевая ЛВС с маркерно-временным методом доступа, с использованием в качестве физической среды волоконно-оптических линий и ориентированная на применение в качестве стандартного интерфейса для большинства устройств обработки данных.

Одиная станция (Single station) — станция, допускающая подключение только одного двухволоконного оптического кабеля и содержащая один логический объект физического уровня.

Двойная станция (Dual station) — станция, содержащая два логических объекта физического уровня и допускающая подключение пары двухволоконных оптических кабелей, которые образуют два встречных кольцевых тракта перепачи.

Концентратор (Concentrator) — двойная станция, через которую одинарные станции подключаются к двойному физическому кольцу.

Линия (Line) — односторонний информационный тракт между логическими объектами физического уровня смежных станций кольца.

Физическое соединение (Physical connection) — двусторонний информационный тракт между логическими объектами физического уровня смежных станций кольца, образуемый двумя встречными линиями.

##### 8.1.2. Общая характеристика

Международный стандарт МСC 9314 по волоконно-оптической интерфейсной ЛВС — ЛВС ВОИ разрабатывается подкомитетом 13 "Взаимосвязь оборудования" ТК97

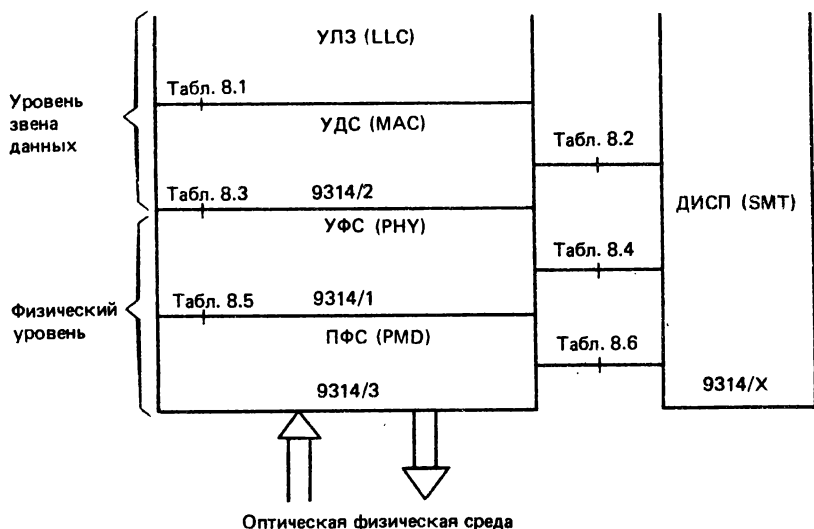


Рис. 8.1. Архитектура нижних уровней ЛВС ВОИ

МОС на основе стандартов ANSI (СМА). К настоящему времени стандарт МОС 9314 состоит из трех частей:

МОС 9314-1 определяет протокол и услуги подуровня УФС;

МОС 9314-2 определяет протокол и услуги подуровня УДС;

МОС 9314-3 определяет протокол и услуги подуровня ПФС.

Планируется разработка четвертой части стандарта, которая должна определить функции диспетчера станции.

Сеть ВОИ предназначена для обеспечения высокоскоростной (100 Мбит/с) связи между вычислительными машинами и периферийным оборудованием. Общая протяженность волоконно-оптических линий, объединяющих в логическое кольцо до 1000 устройств, может достигать 200 км. Образованная при этом сеть обладает всеми перечисленными в разд. 1 особенностями ЛВС.

Основные принципы управления доступом к среде в ЛВС ВОИ такие же, как и в ЛВС КМД, за исключением использования в ЛВС ВОИ временных соотношений при управлении приоритетностью передачи. Конфигурация ЛВС также сходна с ЛВС КМД, но, в отличие от последней, где кольцо образуется кабельной магистралью, к которой в определенных точках могут подключаться станции, кольцо ВОИ ЛВС состоит из совокупности физических соединений между смежными станциями. Двойные станции ЛВС ВОИ образуют два независимых кольца противоположных направлений передачи, одно из которых (рабочее) соединяет все станции, другое (резервное) — только некоторые станции.

Кроме приведенных отличий в ЛВС ВОИ подуровень УДС предоставляет две дополнительные услуги (синхронная передача и диалоговая передача), отсутствующие в других типах ЛВС.

Специфика физической среды ЛВС ВОИ наложила свой отпечаток и на структуру ее физического уровня (рис. 8.1). Физический уровень ЛВС ВОИ имеет два подуровня (а не три, как в других типах ЛВС): управления физической средой (УФС) и подключения к физической среде (ПФС).

## 8.2. УСЛУГИ ПОДУРОВНЯ УДС И ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Стандарт МОС 9314 определяет услуги, которые каждый из подуровней УДС, УФС и ПФС представляет расположенному выше подуровню (уровню) и диспетчеру станции. Услуги заданы с помощью набора примитивов с параметрами, определяющими в абстрактном виде информацию, которой обмениваются смежные уровни.

Услуги, предоставляемые подуровнем УДС подуровню УЛЗ, перечислены в табл. 8.1. Параметры "значение\_УК", "значение\_АП", "значение\_АО", СБД определяют содержимое полей УК, АП, АО, ИНФО кадра УДС (см. 8.3) соответственно. Параметр "класс\_обслуживания" определяет синхронную или асинхронную передачу кадра УДС, а параметр "класс\_маркера" определяет передачу (или захват) общего или диалогового маркера. В примитиве УДС\_ДАННЫЕ.подтверждение первый параметр указывает число СБД (кадров УДС), переданных во время последнего доступа к среде, а параметр "состояние\_передачи" информирует УЛЗ об успешном или неудачном выполнении примитива УДС\_ДАННЫЕ.запрос.

Из сравнения табл. 8.1 и 2.6 видно, что услуги УДС в ЛВС ВОИ во многом отличаются от аналогичных услуг в ЛВС других типов. В частности, в ЛВС ВОИ подуровень УДС обеспечивает два вида сервиса: асинхронную или синхронную передачу информации. Синхронная передача обеспечивает гарантированное время доставки информации получателю и применяется при наличии жестких требований к времени доставки информации. Асинхронная передача обуславливает неопределенную задержку в передаче информации и применяется при отсутствии строгих ограничений на время доставки информации.

При асинхронной передаче подуровень УДС в ЛВС ВОИ обеспечивает два вида распределения пропускной способности физической среды: традиционный, или общий, при котором станция, получив право на передачу, передает один или несколько своих кадров и затем посылает кадр маркера, уступая другим станциям право передачи, и диалоговый, при котором станция, ведущие диалог, монополизируют на это время физическую среду, исключая доступ к ней других станций.

Еще одной особенностью услуг УДС ЛВС ВОИ являются возможности передачи одним примитивом сразу нескольких СБД УЛЗ, а также явного запроса захвата маркера примитивом УДС\_МАРКЕР.запрос с целью минимизации задержки информации подуровнем УДС.

В табл. 8.2 приведен перечень услуг, предоставляемых подуровнем УДС диспетчеру станции. Примитивы ИНИЦИАЦИЯ\_ПРОТОКОЛА используются диспетчером для изменения параметров протокола УДС. Примитивы УПРАВЛЕНИЕ и СОСТОЯНИЕ позволяют диспетчеру управлять работой УДС. Параметр "действие" определяет одно из действий, указанных в табл. 8.2. Параметр "информация\_кадра\_НСП" содержит значения полей АП и ИНФО для формирования кадра УДС "неисправность". Параметр "условие" может задавать действия УДС: захват маркера, прием кадра, передачу кадра. Перечисленные примитивы имеют локальную значимость и не вызывают передачи каких-либо кадров УДС.

Остальные приведенные в табл. 8.2. примитивы служат для обмена информацией между диспетчерами различных станций с целью согласования рабочих параметров, сбора статистики и т.д. Они содержат те же параметры и действуют аналогично примитивам УДС – УЛЗ.

Услуги, которые подуровень УФС предоставляет подуровню УДС, приведены в табл. 8.3. Обмен информацией на интерфейсе между этими подуровнями осуществляется последовательно символами данных (см. 8.3). Подуровень УФС кодирует получаемые из УДС символы пятибитными комбинациями и передает их последовательно по битам подуровню ПФС.

Услуги подуровня УДС подуровню УЛЗ в ЛВС ВОИ

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
УДС_ДАННЫЕ. запрос	Значение_УК (1)	Передает один или более сервисных блоков данных (СБД) от локального	УДС формирует соответствующее число кадров, заполняет все их поля и, следуя	Промежуточные разделители должны иметь значение логической единицы, а последний — логического нуля.
	Значение_АП (1)	логического объекта УЛЗ одному или нескольким удаленным логическим объектам УЛЗ. Каждый из	протоколу, передает эти кадры удаленному логическому объекту	Порядок переданных кадров, представленный примитивом, должен быть сохранен
	СБД (1)	п наборам параметров (отделяемых разделителями)	УДС	
	Класс_обслуживания (1)	определяет один кадр УДС для передачи и рассматривается как подзапрос		
	Разделитель (1)			
	.			
	.			
УДС_ДАННЫЕ. индикация	Значение_УК (n)			
	Значение_АП (n)			
	СБД (n)			
	Класс_обслуживания (n)			
	Разделитель (n)			
УДС_ДАННЫЕ. подтверждение	Класс_маркера			
	Значение_УК	УДС указывает локальному логическому объекту УЛЗ, что принят адресованный ему ПБД	Не определены	Если кадр плохой, указывается причина: ошибка КПК, ошибка длины, внутренняя ошибка
	Значение_АП			
	Значение_АО			
УДС_ДАННЫЕ. подтверждение	СБД			
	Состояние_приема			
	Число_СБД	Этот примитив выдается в УЛЗ в ответ на примитив УДС_ДАННЫЕ.запрос, сообщающий результат передачи кадров, содержащих СБД УЛЗ	Не определены	Состояние передачи определяется на основе анализа индикаторов А и С возвратившихся кадров
	Состояние_передачи			
УДС_ДАННЫЕ. подтверждение	Класс_обслуживания			



Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
УДС_МАРКЕР. запрос	Класс_маркера	Используется для захвата маркера (получение права передачи) логическим объектом УДС, чтобы уменьшить задержку при последующей передаче данных УЛЗ	УДС захватывает маркер указанного класса и затем ожидает (пока не истечет срок ожидания) от УЛЗ примитива ТОМ) УДС_ДАННЫЕ.запрос	Если реализован механизм низм приоритетов, может быть дополнено задан параметр "приоритет"

Таблица 8.2

## Услуги подуровня УДС диспетчеру станции в ЛВС ВОИ

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
ДИСП_УДС_ИНИЦИАЦИЯ_ПРОТОКОЛА. запрос	Индивидуальный_адрес_УДС (16 бит) Индивидуальный_адрес_УДС (48 бит) Групповые_адреса_УДС Значение_Т_мин Значение_Т_макс Значение_ТПП Значение_Т_запр Значение_Т_согл Значение_Т_прт Индикация_собственного_кадра Индикация_только_хорошего_кадра	Примитив имеет локальную значимость и используется диспетчером для изменения параметров протокола УДС во время реконфигурации ЛВС	УДС устанавливает указанные значения адресов, тайм-аутов и других параметров и затем выдает в ответ примитив ДИСП_УДС_ИНИЦИАЦИЯ_ПРОТОКОЛА. подтверждение	Временные параметры протокола УДС см. в 8.4
ДИСП_УДС_ИНИЦИАЦИЯ_	Состояние	Диспетчер станции информируется о том,	Не определены	Параметр указывает успешное или безуспеш-

что запрос "инициация протокола" выполнен

## ПРОТОКОЛА.

подтверждение

ДИСП_УДС_УПРАВЛЕНИЕ. запрос	Действие Информация_кадра_НСП Состояние Условие	Примитив имеет локальную значимость и используется диспетчером для управления работой УДС	Выполняется одно из действий (указанное первым параметром): сброс, неисправность, сообщить_состояние, сбросить_счетчики, прерывание_при_условии, передать_неправильный_КПК
-----------------------------	--	---	--

ДИСП_УДС_СОСТОЯНИЕ. индикация	Состояние	Используется, чтобы сообщить диспетчеру об ошибках или изменениях состояния логического объекта УДС	Не определены	Отображаются следующие события: изменения состояния кольца, прием кадров ЗМК и НСП, истечение ТПП или ТОМ, переполнение счетчиков и др.
-------------------------------	-----------	---	---------------	---

Примечание. Услуги по примитивам ДИСП\_УДС\_ДАННЫЕ.запрос, индикация, подтверждение и ДИСП\_УДС\_МАРКЕР.запрос аналогичны соответствующим услугам, приведенным в табл. 8.1.

Таблица 8.3

## Услуги подуровня УФС полуровня УДС в ЛВС ВОИ

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
УФС_ДАННЫЕ. запрос	Символ	УДС запрашивает передачу одного символа. Ввиду синхронной работы УФС УДС не должен выдавать следующий запрос, пока не получит подтверждение	УФС кодирует и передает указанный примитивом символ	Символы Q, H, V не могут генерироваться УДС, но при ретрансляции (см. 8.6.3) могут появиться

Окончание табл. 8.3

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
УФС_ДАННЫЕ. индикация	Символ	УФС декодировал принятый символ от УФС и передает его на УДС	УДС принимает символ	Символы Q, H, V не могут генерироваться УДС, но при ретрансляции (см. 8.6.3) могут появиться
УФС_ДАННЫЕ. подтверждение	Состояние	Примитив имеет локальную значи- мость, передается в ответ на УФС_ ДАННЫЕ.запрос и обеспечивает синхронизацию работы УДС со скоростью работы УФС	УДС должен немедленно выдать следующий примитив УФС_ДАННЫЕ. запрос	Параметр указывает результат передачи преды- дущего символа
УФС_СБОЙ. индикация	Ошибка	Выдается при обнаружении шума на линии, отсутствии сигнала,останова (см. табл. 8.13). Означает, что УФС не может правильно декодировать символ	Приемник УДС переходит в состояние R0 (см. 8.5.2) и вызывает переход передат- чика УДС в состояние T0 (см. 8.5.3)	

Таблица 8.4

## Услуги УФС диспетчеру станции

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
ДИСП_УФС_ СОСТОЯНИЕ. запрос	Действие	Заставляет УФС передавать поток служебных символов (Q или H, I или HQ) или поток символов отУДС	УФС должен передавать в линию указанные ему символы состояния линии или символы УДС	Параметр указывает передаваемые символы или разрешает переда- чу символов УДС

ДИСП_УФС_СОСТОЯНИЕ. индикация	Состояние	УФС информирует диспетчера об изменении состояния линии	Не определены	Параметр должен указывать новое состояние линии
ДИСП_УФС_УПРАВЛЕНИЕ. запрос	Управляющее_действие_Запрошенное_состояние	Примитив имеет локальную значимость и заставляет УФС выполнить одно из следующих действий: сброс, организовать шлейф, убрать шлейф, сообщить состояние линии	УФС должен выполнить действие, указанное первым параметром	Второй параметр определяет текущее состояние линии

Таблица 8.5

### Услуги подуровня ПФС полуровню УФС в ЛВС ВОИ

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
ПФС_ДАННЫЕ. запрос	БВНИ_код	Передает бит данных от УФС к ПФС в коде БВНИ. УФС непрерывно посылает ПФС запросы, указывая текущую полярность кода	ПФС преобразовывает электрические сигналы, причем логическому нулю соответствует низкий уровень излучения	
ПФС_ДАННЫЕ. индикация	БВНИ_код	Передает бит данных от ПФС к УФС в коде БВНИ. ПФС непрерывно посылает УФС принимаемую по линии полярность кода БВНИ	Информация используется для восстановления синхронизации и декодирования символов на УФС	
ПФС_СИГНАЛ. индикация	Состояние	Указывает для УФС качество принимаемого оптического сигнала. Выдается каждый раз при изменении качества принимаемого сигнала	УФС устанавливает соответствующее состояние линии (см. 8.6.2)	Параметр указывает, превышает ли уровень сигнала порог обнаружения

Услуги ПФС диспетчеру станции

Примитив	Параметры	Назначение	Действия при приеме	Примечание
ДИСП_ПФС_ УПРАВЛЕНИЕ. запрос	Действие	Заставляет ПФС передавать либо логический ноль (низкий уровень излучения), либо данные УФС в зависимости от значения параметра	ПФС должен передавать в линию либо логический ноль, либо данные УФС в соответствии с примитивами ПФС_ДААННЫЕ.запрос	
ДИСП_ПФС_ ШЛЕЙФ.запрос	Действие	Подключает к (или исключает из) сети станцию с помощью оптических коммутаторов ПФС, сохраняя работоспособность ЛВС ВОИ (см.8.7.3)	Входящая и исходящая оптические линии либо подключаются к ПФС, либо коммутируются на следующую станцию	Если оптические коммутаторы не реализованы, эта услуга не выполняется
ДИСП_ПФС_ СИГНАЛ. индикация	Состояние	Указывает диспетчеру качество принимаемого оптического сигнала. Выдается при каждом его изменении	Не определены	Параметр указывает, превышает ли уровень оптического сигнала порог обнаружения

Подуровень УФС работает синхронно с тактовой частотой 125 МГц (поскольку каждый из 16 символов данных передается пятью битами, а скорость передачи информации в ЛВС ВОИ составляет 100 Мбит/с), и каждый примитив из табл. 8.3 действует в течение 40 нс (время передачи/приема одного пятибитного символа). Услуги, определенные в табл. 8.3, используются также на интерфейсе УФС-УФС при ретрансляции символов через станцию на физическом уровне без участия УДС.

В табл. 8.4 приведен перечень услуг УФС, предоставляемых диспетчеру станции. Пользуясь этими услугами, диспетчер управляет работой УФС, который должен выполнять запросы диспетчера с более высоким приоритетом, чем запросы от УДС.

Услуги подуровня ПФС, предоставляемые подуровню УФС, перечислены в табл. 8.5. Обмен информацией на интерфейсе УФС-ПФС осуществляется побитно в коде без возврата к нулю с инвертированием по единицам (БВНИ). Подуровень ПФС преобразует электрические сигналы в оптические и обратно.

В табл. 8.6 приведены услуги ПФС, посредством которых диспетчер станции управляет работой ПФС станции. Выполнение этих примитивов более приоритетно по отношению к примитивам для УФС.

### 8.3. СИМВОЛЫ И КАДРЫ

Информация между подуровнями УДС и УФС передается в виде символов, перечень и кодирование которых приведены в табл. 8.7. Все передаваемые символы можно условно разделить на три группы: служебные, символы данных и недействительные. Служебные символы обозначаются латинскими буквами (Q, I, H, J, K, T, R, S), символы данных — 16-ричными цифрами (от 0 до F) и недействительные символы — латинской буквой V.

Каждый символ кодируется пятибитным двоичным кодом, которому соответствует двузначный десятичный код. Из 32 пятибитных комбинаций 16 используются для

Таблица 8.7

**Кодирование символов на УФС в ЛВС ВОИ**

Символ	Значение символа	Десятичный код	Двоичный код*
<b>Символы состояния линии</b>			
Q	Нет сигнала	00	00000
I	Холостой ход	31	11111
H	Останов	04	00100
<b>Начальный ограничитель</b>			
J	Первый символ поля НО	24	11000
K	Второй символ поля НО	17	10001
<b>Конечный ограничитель</b>			
T	Символ поля КО	13	01101
<b>Индикаторы управления</b>			
R	Логический ноль (сброс)	07	00111
S	Логическая единица (установка)	25	11001

Символ		Значение символа	Десятичный код	Двоичный код*
Символы данных				
0	0000		30	11110
1	0001		09	01001
2	0010		20	10100
3	0011		21	10101
4	0100		10	01010
5	0101		11	01011
6	0110		14	01110
7	0111		15	01111
8	1000		18	10010
9	1001		19	10011
A	1010		22	10110
B	1011		23	10111
C	1100		26	11010
D	1101		27	11011
E	1110		28	11100
F	1111		29	11101

## Недействительные символы

V или H		01	00001
V или H		02	00010
V		03	00011
V	Недействительные символы	05	00101
V	(возникают при ошибках передачи или	06	00110
V или H	в особых случаях)	08	01000
V		12	01100
V или H		16	10000

\*Порядок передачи/приема битов двоичного кода — слева направо, т. е. со старшего разряда.

кодирования символов данных, 8 — для кодирования служебных символов и 8 — недействительные символы. Недействительные коды не должны передаваться в физическую среду из-за возможного нарушения побитовой синхронизации. Однако символы, имеющие десятичные коды 01, 02, 08 и 16, при их возможном приеме подуровнем УДС должны интерпретироваться как символ H — "останов" и вызывать прекращение передачи.

Передача информации между логическими объектами подуровня УДС различных станций должна осуществляться в виде кадров. Различают два основных типа кадров: данных и маркера (или просто маркер). Их форматы с указанием размеров полей кадра приведены на рис. 8.2 и 8.3. Последовательность передачи полей кадра и разрядов полей та же, что и для кадров ЛВС КМД.

Преамбула (ПМБ) служит для установления позначной синхронизации приемника и должна состоять, как минимум, из 16 символов I (холостой ход). В состоянии ретрансляции станции могут динамически изменять длину преамбулы в соответствии с

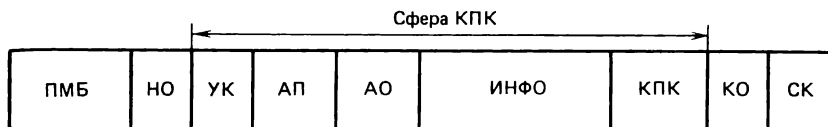


Рис. 8.2. Формат кадра данных ЛВС ВОИ

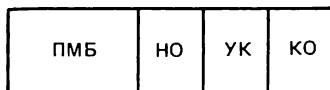


Рис. 8.3. Формат кадра маркера

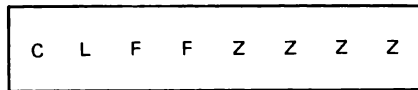


Рис. 8.4. Формат поля УК:

C – бит класса кадра (0 – асинхронный, 1 – синхронный); L – бит длины адреса (0 – 16-битный, 1 – 48-битный); FF – биты формата; ZZZZ – биты управления

Таблица 8.8

### Кодирование поля УК кадра ЛВС ВОИ

Биты поля УК		Тип кадра
CLFF	ZZZZ	
0X00	0000	Фиктивный кадр
1000	0000	Общий маркер
1100	0000	Диалоговый маркер
0X00	XXXX	Кадры диспетчера станции*
0X00	1111	Адресация следующей станции (ACC)
1X00	XXXX	Кадры УДС*
1X00	0010	Неисправность (НСП)
1X00	0011	Заявка маркера (ЗМК)
XX01	PXXX	Кадры УЛЗ
0X01	PPPP	Кадр УЛЗ для асинхронной передачи
1X01	PPPP	Кадр УЛЗ для синхронной передачи
XX10	PXXX	Зарезервировано для разработчика
XX11	PPPP	Зарезервировано для будущей стандартизации

Примечания: X – означает "0 или 1", P – зарезервированный бит, устанавливается в 0, П – биты приоритета от 000 до 111 (высший приоритет).

\*Кодирование бит ZZZZ = 0000 не допускается.



конкретными требованиями синхронизации. Каждая станция должна нормально принимать кадры с преамбулой из 12 и более символов I.

Поле НО является начальным полем любого кадра (данных и маркера) и имеет следующую двухсимвольную структуру: JK.

Поле УК определяет тип кадра, длину полей АО и АП, управляющие функции кадра. Его формат изображен на рис. 8.4, а кодирование поля УК для различных типов кадров данных и маркера приведено в табл. 8.8.

Поля АП, АО кодируются аналогично полям кадра УДС в ЛВС ИСД и ЛВС КМД и также могут быть либо короткими, либо длинными.

Е	А	С			
R/S	R/S	R/S	R/S	R/S	T

Рис. 8.5. Формат поля СК:

А — бит "опознан адрес";  
С — бит "кадр скопирован";  
Е — бит "обнаружена ошибка"; R — символ "логический ноль"; S — символ "логическая единица"

Поле информации (ИНФО) имеет переменную длину, которая ограничена максимальной общей длиной кадра 9000 символов, включая четыре символа преамбулы. Порядок передачи поля ИНФО определяется логическими объектами УДС или УЛЗ или диспетчером станции и не должен изменяться в процессе передачи.

Контрольная последовательность кадра (КПК) служит для обнаружения ошибок передачи кадра. Она охватывает контролем поля: УК, АП, АО, ИНФО и вычисляется на основе стандартного образующего полинома 32-й степени (см. 3.2.1).

Конечный ограничитель (КО) в кадре маркера должен состоять из двух символов T, в кадре данных — из одного символа T.

Поле состояния кадра (СК) состоит из трех или более символов R или S может заканчиваться символом T. Формат поля СК показан на рис. 8.5. Три первые символьные позиции Е, А и С поля СК обязательны для каждого кадра данных. Станция, выдающая в кольцо кадр данных, устанавливает в этих позициях символ R. Станция, обнаружившая ошибку в кадре данных, опознавшая АП как собственный адрес или скопировавшая кадр, устанавливает в позициях Е, А или С соответственно символ S.

## 8.4. ПРОТОКОЛ ПОДУРОВНЯ УДС

### 8.4.1. Общие положения

Доступ станции к физической среде осуществляется путем передачи кадра маркера по кольцу. Прием маркера дает станции возможность передать свои кадры, ожидающие передачи. При этом станция удаляет маркер из кольца, передает свои кадры и по окончании выдает новый маркер следующей станции кольца.

Те станции, которые не передают свои кадры, просто транслируют поток символов, проверяя при этом появление предназначенной для них информации. В случае совпадения адреса получателя в транслируемом кадре со своим собственным адресом логический объект УДС копирует этот кадр, обрабатывая его и передает по назначению на подуровень УЛЗ или диспетчеру станции.

Станция, выдавшая в кольцо кадр данных, несет ответственность за его удаление из кольца. Для этого каждая станция проверяет в транслируемых кадрах адрес отправителя и при его совпадении с собственным адресом удаляет этот кадр из кольца, заменяя его символами I. Этот процесс порождает так называемые остатки кадров, состоящие из полей ПМЕ, НО, УК, АП, АО, поскольку решение об удалении из кольца

кадра станция может принять только после анализа поля АО. Эти остатки отличаются от нормальных кадров отсутствием поля КО (вместо него за полем АО следуют символы и не могут нарушить работу кольца. Остатки кадров удаляются из кольца станцией, которая ведет передачу своих кадров.

#### 8.4.2. Временные параметры, тайм-ауты и счетчики

Для правильного функционирования протокола УДС каждая станция должна отсчитывать три тайм-аута, регулирующие работу кольца ЛВС ВОИ. Граничные значения этих тайм-аутов могут быть различными для разных станций, оставаясь в опреде-

Таблица 8.9

**Временные параметры кольца ЛВС ВОИ**

Обозначение	Название	Рекомендуемое значение	Примечание
ТЗК_макс	Максимальное время задержки распространения сигнала по кольцу	1,617 мс	Определяется из расчета на 200 км оптической линии (5,085 мкс на км) и 1000 станций
УДС_макс	Максимальное число логических объектов УДС в кольце	1000	—
Прер_макс	Максимальное время разрыва кольца при включении в него станции	25,0 мс	См. 8.7
Уст_макс	Время установки сигнала в физической среде	1,0 мс	—
Т_МК	Время передачи маркера	0,88 мкс	Вместе с преамбулой
ТНП_макс	Максимальное время до начала передачи кадра после захвата маркера	3,5 мкс	Определяет максимальную длину преамбулы кадра
ТПК_макс	Максимальное время передачи одного кадра	0,361 мс	Максимальная длина кадра 9000 символов
ТЗМ	Время передачи кадра ЗМК (заявка маркера)	2,56 мкс	При 48-битном адресе и преамбуле из 16 символов
ТСС_мин	Минимальное время синхронизации при помехах в среде	0,3645 мс	Равно сумме ТПК_макс и ТНП_макс

ленных пределах. Эти пределы, обеспечивающие работоспособность метода доступа к физической среде, вычисляются исходя из временных параметров кольца ЛВС ВОИ, перечень и типовые значения которых приведены в табл. 8.9.

Тайм-аут отсутствия маркера (ТОМ) используется для управления доступом к кольцу во время нормальной работы, а также для обнаружения серьезных нарушений в работе кольца и восстановления нормальной работы. Он запускается с различными контрольными значениями (КТОМ) в зависимости от фазы работы кольца. После истечения ТОМ он запускается повторно с рабочим значением  $T_{\text{раб}}$  и значение счетчика задержек маркера ( $S_{\text{ч\_зdm}}$ ) увеличивается на 1. Значение  $T_{\text{раб}}$  согласовывается между станциями во время инициации кольца. При этом каждая станция использует значение  $T_{\text{запр}}$ , удовлетворяющее условию  $T_{\text{мин}} < T_{\text{запр}} < T_{\text{макс}}$ , с целью согласования общего для всех значения  $T_{\text{раб}}$ . Наименьшее из запрошенных значений  $T_{\text{запр}}$  становится значением  $T_{\text{раб}}$  и влияет на рабочие характеристики кольца. Значение  $T_{\text{раб}}$  будет составлять половину максимального времени задержки ответа. Соотношение минимального порога ТОМ ( $T_{\text{мин}}$ ) и значения  $T_{\text{раб}}$  влияет на совместимость станций ЛВС ВОИ. Если согласованное значение  $T_{\text{раб}}$  окажется меньше  $T_{\text{мин}}$ , эта станция не сможет правильно работать в кольце. Поэтому  $T_{\text{мин}}$  не должно превышать 4,0 мс. Максимальное пороговое значение ТОМ ( $T_{\text{макс}}$ ) должно в несколько раз превышать максимальное время инициации кольца и быть не менее 167,77216 мс.

Тайм-аут удержания маркера (ТУМ) используется для управления передачей своих кадров данных. Станция может начинать асинхронную передачу кадра данных только в том случае, если ТУМ еще не истек и выполняется условие  $\text{ТУМ} \leq T_{\text{прт}}(n)$ , где  $T_{\text{прт}}(n)$  — пороговое значение для приоритета  $n$ , с которым передается этот кадр. Этот тайм-аут запускается станцией при захвате маркера со значением, равным текущему значению ТОМ.

Тайм-аут правильной передачи (ТПП) используется при восстановлении работоспособности кольца после сбоев. Пороговое значение ТПП определяется из расчета:  $\text{ТПП} > \text{макс} (T_{\text{ЗК\_макс}}, T_{\text{ПК\_макс}}) + T_{\text{МК}} + T_{\text{ПК\_макс}} + T_{\text{СС\_мин}} > 2,35$  мс. Значения параметров, входящих в эту формулу, приведены в табл. 8.9. Как правило, значение ТПП выбирается не менее 2,5 мс.

Для облегчения поиска неисправностей логический объект УДС каждой станции должен поддерживать четыре счетчика:

- счетчик задержек маркера ( $S_{\text{ч\_зdm}}$ ), определяющий, сколько раз истек ТОМ со времени последнего приема правильного кадра маркера;

- счетчик кадров ( $S_{\text{ч\_кадр}}$ ), отсчитывающий все принятые кадры данных;

- счетчик ошибочных кадров ( $S_{\text{ч\_ошк}}$ ), учитывающий ошибки, обнаруженные самой станцией, в принятых кадрах данных. Кадры данных, идентифицированные как ошибочные другой станцией (т.е. бит Е поля СК содержит символ S), счетчиком не учитываются;

- счетчик потерянных кадров ( $S_{\text{ч\_ПК}}$ ), учитывающий те ситуации, когда во время обработки принимаемого кадра данных или кадра маркера обнаружена ошибка, способная привести к искажению кадра (логический объект УДС удаляет такие кадры из кольца, заменяя их символами I).

### 8.4.3. Режим нормальной работы кольца

Протокол УДС предоставляет подуровню УЛЗ два класса услуг: синхронный и асинхронный. Синхронный класс услуг является факультативным. Он выделяет пользователю определенную часть пропускной способности физической среды и обеспечивает гарантированное время ответа. Асинхронный класс услуг (обязательный) динамически выделяет пользователю часть пропускной способности физической среды,

оставшуюся от синхронной передачи, и предназначен для передачи данных, некритичных к времени доставки.

Если станция приняла кадр маркера до того, как ТОМ достиг значения КТОМ, она может вести как синхронную, так и асинхронную передачу. Если станция приняла кадр маркера после того, как ТОМ достиг значения КТОМ (так называемый "запоздавший" маркер), она может вести только синхронную передачу. Для ограничения длительности передачи в синхронном и асинхронном классе используются различные механизмы, однако в любом случае станция не должна захватывать кадр маркера на время, большее, чем КТОМ. Такое ограничение гарантирует среднее время ответа для синхронной передачи, не превышающее значение КТОМ, и максимальное время ответа, не превышающее двух КТОМ.

На каждой станции определенная часть пропускной способности кольца выделяется для синхронной передачи. Эта часть выражается в процентах от КТОМ. Она устанавливается диспетчером станции и определяет ту часть времени удержания маркера, которая может быть использована для синхронной передачи.

После инициации кольца на каждой станции устанавливается нулевой процент пропускной способности для синхронной передачи, который затем может быть изменен диспетчерами станций. Суммарный процент пропускной способности для синхронной передачи всех станций кольца не должен превышать значения, вычисляемого по формуле  $(1 - (ТЗК\_макс + ТПК\_макс + Т\_МК)/КТОМ) 100 \%$ . Параметры, входящие в выражение, представлены в табл. 8.9.

При асинхронной передаче используются два механизма распределения пропускной способности физической среды, которым соответствует два типа маркера: общий, который обеспечивает равный доступ к кольцу всех станций на основе разделения времени, и диалоговый, обеспечивающий доступ к физической среде только тех станций, которые ведут диалог между собой.

Кольцо начинает работу с общим маркером. В этом режиме каждая станция может реализовать несколько уровней приоритетности передаваемых кадров данных. При этом для каждого уровня приоритетности  $n$  устанавливается пороговое значение тайм-аута  $T\_пгт(n)$ . Эти значения составляют множество  $T\_пгт$ . Станция может захватить общий маркер для передачи кадра данных с приоритетом  $n$  только в том случае, если текущее значение ТОМ меньше, чем  $T\_пгт(n)$ .

Если станция захватила общий маркер для асинхронной передачи, она сохраняет текущее значение ТОМ в таймере ТУМ, а таймер ТОМ начинает отсчет следующего цикла обращения маркера. Таймер ТУМ продолжает отсчитывать время, а разность КТОМ — ТУМ определяет оставшееся время передачи этой станции.

Станция может начать передачу следующего асинхронного кадра приоритетности  $n$  только в том случае, если текущее значение ТУМ меньше, чем  $T\_пгт(n)$ . Таким образом, уменьшая  $T\_пгт(n)$ , можно предотвратить передачу низкоприоритетных кадров при существенной загрузке физической среды. Поскольку механизм приоритетности необязателен для каждой реализации, то при его отсутствии считается, что пороговое значение для всех асинхронных кадров  $T\_пгт(n)$  равно КТОМ.

Режим диалогового маркера является факультативным и не ограничивает взаимную совместимость станций ЛВС ВОИ. Станция, желающая организовать расширенный диалог (например, для передачи большого массива данных от высокоскоростного устройства), захватывает общий маркер, передает кадры данных, начинающие диалог, и затем выдает в кольцо диалоговый маркер. Станция-получатель, принявшая начальные кадры диалога, за которым следует диалоговый маркер, входит в диалоговый режим и обменивается со станцией-инициатором диалоговым маркером на протяжении всего диалога.

Диалоговый режим заканчивается, когда одна из станций, передавая заключительные кадры диалога, выдает общий маркер. Ответственность за управление диалогом (т.е.

инициация, поддержание и прекращение диалога) лежит на протоколах вышерасположенных уровней.

Диалоговый асинхронный режим обеспечивает всем станциям равные возможности доступа к физической среде. Получив такой доступ, инициатор диалога подавляет любые другие асинхронные передачи (включая фоновые протоколы диспетчера станции), поскольку они не могут использовать диалоговый маркер. При этом синхронные передачи могут продолжаться нормально, поскольку они используют любой тип маркера. Для предотвращения длительной монополизации кольца при диалоговом асинхронном режиме диспетчер станции должен наблюдать за выполнением временных ограничений и при их нарушении прекращать диалог.

#### 8.4.4. Восстановление работы кольца

Логический объект УДС каждой станции наблюдает за работой кольца с целью обнаружения ситуаций отсутствия передачи кадров или неправильной работы кольца, которые требуют повторной инициации кольца. Отсутствие передачи обычно обнаруживается с помощью ТПП, а неправильная работа кольца — диспетчером станции с помощью счетчика Сч\_ззм.

Любая станция, определив необходимость повторной инициации кольца, должна начать процедуру заявки маркера. Она состоит в том, что одна или несколько станций соперничают за право иницировать кольцо (передать первый маркер), непрерывно передавая кадры УДС "заявка маркера" (ЗМК). В это же время станция наблюдает за принимаемыми кадрами. При приеме кадра ЗМК станция сравнивает его со своим собственным кадром ЗМК, и если принятый кадр имеет меньший приоритет, то станция должна продолжить (или начать) передачу своих кадров ЗМК. Если принятый кадр ЗМК имеет больший приоритет, то станция прекращает борьбу за право инициации кольца, т. е. прекращает передачу своих кадров ЗМК.

Приоритет или вес кадров ЗМК разных станций определяется по иерархии признаков следующим образом: преимуществом обладают ЗМК, содержащие меньшее значение КТОМ, длинное поле адреса (48 бит), больший адрес (в числовом значении).

Процедура заявки маркера прекращается, когда станция принимает свои собственные кадры ЗМК. В это время кольцо "заполнено" заявками этой станции, в то время как все другие станции прекратили соперничество. Станция, выигравшая процесс заявки маркера, иницирует кольцо. Она устанавливает рабочее значение КТОМ ( $T_{\text{раб}}$ ) равным согласованному КТОМ ( $T_{\text{согл}}$ ), которое, в свою очередь, равно запрошенному этой станцией значению КТОМ ( $T_{\text{запр}}$ ). Затем она сбрасывает свой ТОМ и выдает начальный маркер общего типа.

При первом проходе по кольцу маркер общего типа выравнивает значения КТОМ, сбрасывает ТОМ и устанавливает Сч\_ззм = 1 на всех станциях кольца. Поскольку на всех станциях Сч\_ззм = 1, то при втором проходе маркера будет разрешена только синхронная передача, а начиная с третьего прохода, разрешается и асинхронная передача.

Если станция с помощью тайм-аута обнаруживает, что процесс заявки маркера зашел в тупик либо от диспетчера поступил специальный запрос, то станция инициирует процедуру "неисправность". В такой ситуации вероятнее всего физический обрыв кольца или выполнение глобальной реконфигурации ЛВС. Поэтому для восстановления целостности логического кольца требуется внешнее (по отношению к УДС) вмешательство. Цель данной процедуры — сигнализировать остальным станциям о возникновении логического обрыва кольца, обеспечить диагностику или другую помощь (через диспетчера станции) в процессе восстановления нормальной работы.

Начав эту процедуру, станция непрерывно передает кадры УДС "неисправность" (НСП). Они нормально распространяются по кольцу вплоть до места его обрыва. В то же время станция ожидает на приеме кадры от соседней верхней по кольцу станции. Если станция получит свои собственные кадры НСП, значит, целостность логического кольца восстановлена, и она начинает процедуру заявки маркера с целью быстрого восстановления нормальной работы кольца.

## 8.5. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА УДС

### 8.5.1. Структура УДС

Логический объект УДС каждой станции состоит из двух взаимосвязанных асинхронных процессов: ПРИЕМНИК и ПЕРЕДАТЧИК. Оба процесса работают с потоком символов и синхронизируются специальными флагами и сигналами, представленными в табл. 8.10. Переходы состояний ПРИЕМНИКА представлены в табл. 8.11, а ПЕРЕДАТЧИКА — в табл. 8.12. При этом используются обычные соглашения при графическом представлении конечных автоматов: события изображаются над линией перехода, действия — под линией перехода. Сложные события и действия вынесены в примечания, ссылки на которые даются в табл. 8.11 и 8.12 цифрами в кружках.

Основные события, вызывающие смену состояний ПРИЕМНИКА, — получение от физического уровня примитивов УФС\_ДАННЫЕ.индикация (в табл. 8.11 и 8.12 в скобках указаны только символы, являющиеся параметром этого примитива) и УФС\_СБОЙ.индикация. После обработки события и смены состояния как входной символ, так и сгенерированные сигналы ПРИЕМНИКА направляются ПЕРЕДАТЧИКУ, что является для последнего основным входным событием. На каждый входной символ ПЕРЕДАТЧИК генерирует выходной символ, который совпадает с принятым только в состоянии T1: ТРАНСЛИРОВАТЬ.

Таблица 8.10

**Флаги и сигналы, используемые при формализованном описании УДС**

Обозначение	Назначение
A_флаг	Указывает, что АП в последнем принятом кадре совпал с собственным адресом
C_флаг	Указывает на успешное копирование последнего принятого кадра
E_флаг	Указывает, что в последнем принятом кадре обнаружена ошибка
H_флаг	АО принятого кадра имеет больший вес (приоритет) по сравнению с собственным адресом
L_флаг	АО принятого кадра имеет меньший вес (приоритет) по сравнению с собственным адресом
M_флаг	Принят свой кадр (АО совпал с собственным адресом)

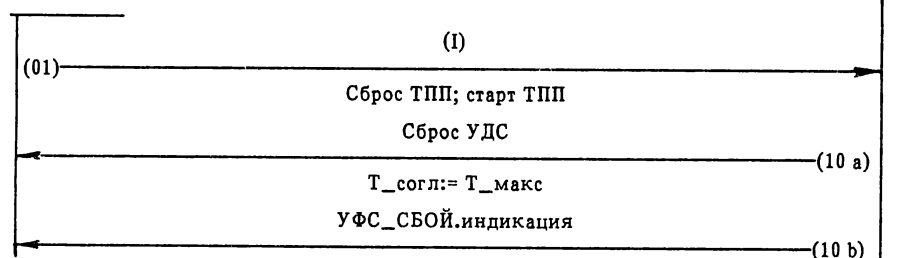
Обозначение	Назначение
N_флаг	Принят кадр диспетчера АСС (адресация следующей станции)
R_флаг	Указывает, что последний правильно принятый маркер был диалогового класса
ОШ_ФОРМАТА	Обнаружена ошибка формата в принимаемом кадре
УБРАТЬ_КАДР	Сигнализирует передатчику о необходимости замены принимаемых символов кадра символами I
КАДР_НАЧАТ	Сигнализирует о начале приема кадра УДС или маркера
КАДР_ПРИНЯТ	Сигнализирует о завершении приема кадра
СВОЙ_ЗМК	Принят собственный кадр "заявка маркера"
ВЫСШИЙ_ЗМК	Принят более приоритетный кадр "заявка маркера"
НИЗШИЙ_ЗМК	Принят менее приоритетный кадр "заявка маркера"
СВОЙ_НСП	Принят собственный кадр "неисправность"
ЧУЖОЙ_НСП	Принят от другой станции кадр "неисправность"
ПРИНЯТ_МК	Сигнализирует ПЕРЕДАТЧИКУ о приеме маркера

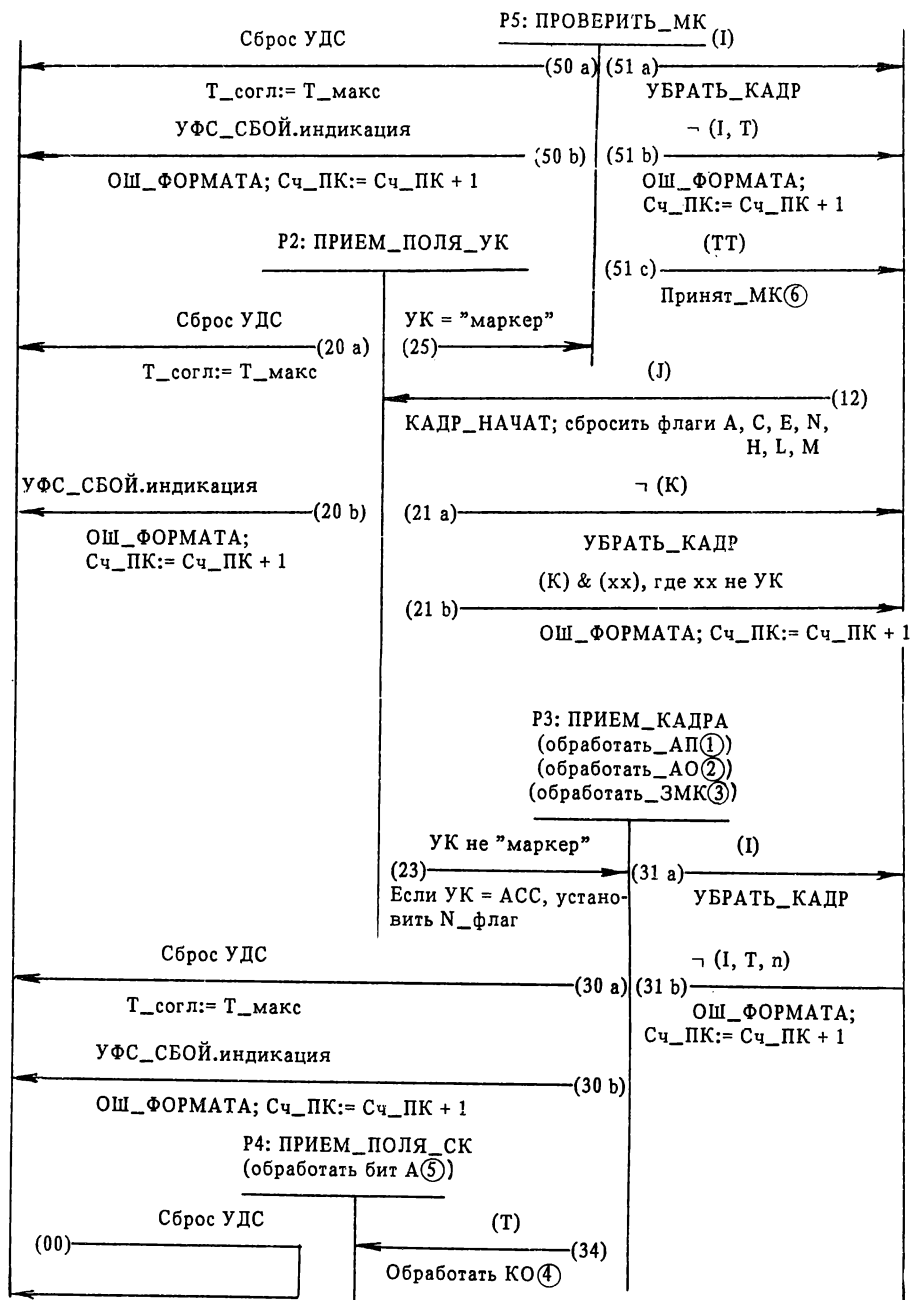
Таблица 8.11

## Переходы состояний ПРИЕМНИКА УДС

R0: СЛУШАТЬ  
(стоп ТПП)

R1: ЖДАТЬ\_НО







Т_согл:= Т_макс	УК = ЗМК & А_флаг & М_флаг
Сброс УДС	(41 а) →
Т_согл:= Т_макс	Т_согл:= Т_прм; СВОЙ_ЗМК;
УФС_СВОЙ.индикация	сбросить R_флаг
КАДР_ПРИНЯТ; если Е_флаг	УК = ЗМК & Н_флаг
& Е ≠ S то Сч_ошк:= Сч_ошк + 1	(41 б) →
	Т_согл:= Т_прм; ВЫСШИЙ_ЗМК;
	сбросить R_флаг
	УК = ЗМК & L_флаг
	(41 с) →
	НИЗШИЙ_ЗМК; сбросить R_флаг
	УК = НСП & М_флаг
	(41 d) →
	Т_согл := Т_макс; СВОЙ_НСП;
	сбросить R_флаг
	УК = НСП & ¬ (М_флаг ∨ Е_флаг)
	(41 е) →
	Т_согл:= Т_макс; ЧУЖОЙ_НСП;
	сбросить R_флаг
	Иначе после приема УК
	(41 f) →
	КАДР_ПРИНЯТ; если Е_флаг & Е ≠ S
	то Сч_ошк:= Сч_ошк + 1

## Примечания к таблице

- Обработать\_АП:  
принять поле АП;  
если УК ≠ фиктивный  
    то если L = 0 & АП совпадает с одним из коротких адресов ∨  
        L = 1 & АП совпадает с одним из длинных адресов  
        то установить А\_флаг; копировать\_кадр
- Обработать\_АО: (АО<sub>к</sub> ← короткий АО, АО<sub>д</sub> ← длинный АО)  
принять поле АО;  
если (L = 0 & АО = собственный\_АО<sub>к</sub> & собственный\_АО<sub>к</sub> > 0) ∨  
    (L = 1 & АО = собственный\_АО<sub>д</sub> & собственный\_АО<sub>д</sub> > 0)  
    то установить М\_флаг; УБРАТЬ\_КАДР  
    иначе если (L = 0 & АО > собственный\_АО<sub>к</sub> & собственный\_АО<sub>д</sub> = 0) ∨  
        (L = 1 & АО > собственный\_АО<sub>д</sub>)  
        то установить Н\_флаг  
        иначе если АО > 0  
            то установить L\_флаг
- Обработать\_ЗМК:  
принять 4 байта поля ИНФО;  
если УК = ЗМК  
    то если Т\_прм ≠ Т\_запр  
        то сбросить М\_флаг  
        если Т\_прм > Т\_запр  
            то если L\_флаг

```

        то установить H_флаг; сбросить L_флаг
    иначе если H_флаг
        то установить L_флаг; сбросить H_флаг

    если L_флаг
        то УБРАТЬ_КАДР

4. Обработать_КО:
    Сч_кадр:= Сч_кадр + 1;
    если правильная_длина_данных & (правильная_КПК V (УК = фиктивный V
                                                УК = разработчика))
        то сбросить ТПП;
        если A_флаг & кадр_правильно_скопирован
            то установить С_флаг
        иначе установить E_флаг;
        сбросить A, H, M, L_флаги

5. Обработать_бит_A:
    если A = R
        то сбросить N_флаг

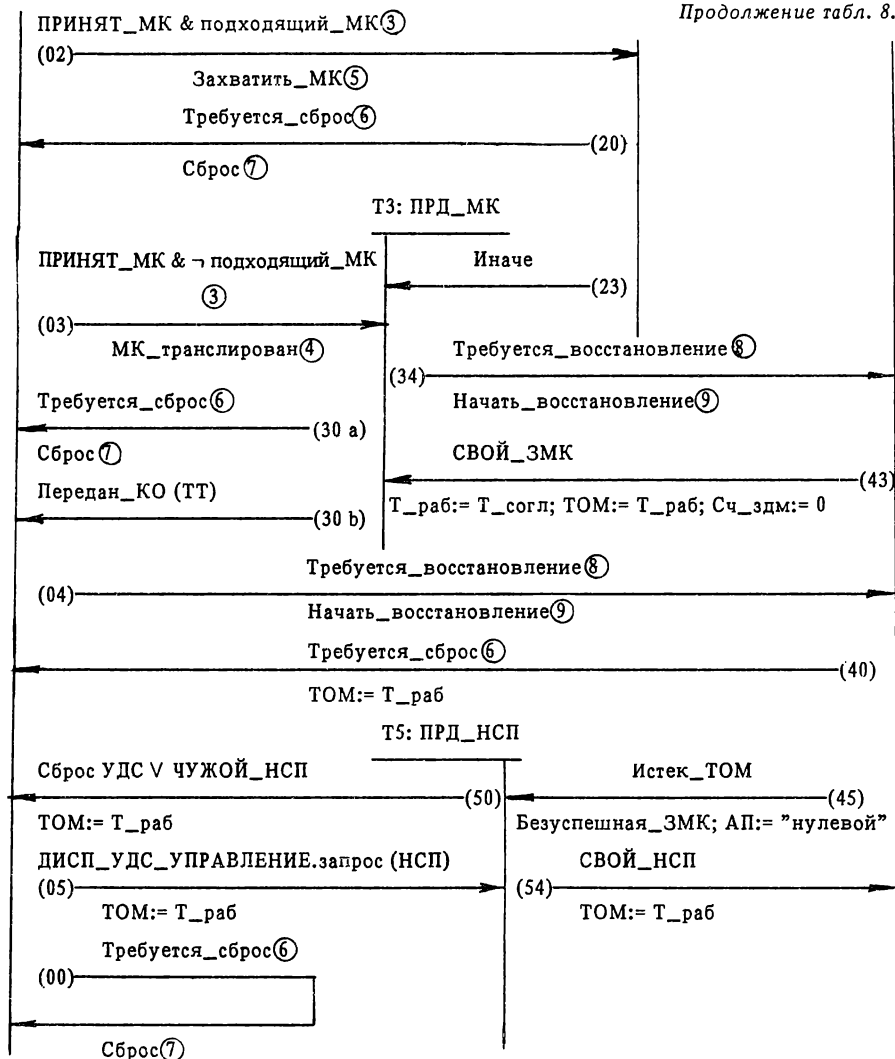
6. Принят_МК:
    если класс_маркера = диалоговый
        то если ¬ R_флаг
            то установить R_флаг; уведомить ДИСПЕТЧЕР
        иначе сбросить ТПП; сбросить R_флаг
    ПРИНЯТ_МК

```

Таблица 8.12

## Переходы состояний ПЕРЕДАТЧИКА УДС





## Примечания к таблице

- Следующий кадр:
  - передано\_поле\_СК & Сч\_здм = 0 & (синхронный\_запрос ∨ (асинхронный\_запрос & класс\_маркера = R\_флаг & (игнорировать\_ТУМ ∨ ТУМ < Т\_прт (запрошенный\_приоритет))))
- Обработать\_СК:
  - если E\_флаг
    - то установить бит E:= S
  - если A\_флаг
    - то установить бит A:= S

```

если С_флаг & ¬ N_флаг
    то установить бит С:= S
3. Подходящий_МК:
кольцо_работоспособно & (синхронный_запрос V
(асинхронный_запрос & Сч_зdm = 0 & класс_маркера = R_флаг &
(игнорировать_ТУМ V ТУМ < Т_прт (запрошенный_приоритет))))
4. МК_транслирован:
если кольцо_работоспособно
    то если Сч_зdm = 0
        то ТОМ:= Т_раб
        иначе Сч_зdm:= 0
    иначе Т_раб:= Т_согл; ТОМ:= Т_раб;
        Сч_зdm:= 1; установить кольцо_работоспособно
5. Захватить_МК:
стоп ТУМ;
если Сч_зdm = 0
    то ТУМ:= ТОМ; ТОМ:= Т_раб
    иначе установить истек_ТУМ; Сч_зdm:= 0
6. Требуется_сброс:
запрос_УДС V ВЫСШИЙ_ЗМК V ЧУЖОЙ_НСП
7. Сброс:
Т_раб:= Т_макс;
если кольцо_работоспособно V Сч_зdm = 0
    то ТОМ:= Т_раб; Сч_зdm:= 1; сбросить кольцо_работоспособно
8. Требуется_восстановление:
истек_ТПП V (истек_ТОМ & Сч_зdm > 0) V
(кольцо_работоспособно & Т_раб < Т_запр) V
низший_ЗМК V свой_НСП
9. Начать_восстановление:
Т_раб:= Т_макс; ТОМ:= Т_раб; сбросить кольцо_работоспособно
10. Обработка_ТОМ: (во всех состояниях)
если истек_ТОМ
    то Сч_зdm:= Сч_зdm + 1; ТОМ:= Т_раб

```

---

## 8.5.2. Описание ПРИЕМНИКА УДС

ПРИЕМНИК принимает и анализирует информацию из кольца, выбирает те ее части, которые предназначены данной станции, обнаруживает ошибки и неисправности функционирования кольца.

РО: СЛУШАТЬ — исходное состояние ПРИЕМНИКА после инициации УДС. В этом состоянии ПРИЕМНИК ожидает от УФС символ I. Отсчет ТПП остановлен. Переход в это состояние означает перерыв в процессе обработки входного потока символов.

Р (00): физический сброс.

Р (01): начало приема.

Р1: ЖДАТЬ\_НО — ПРИЕМНИК ждет появления на входе символа J, означающего начало кадра данных или кадра маркера.

Р (10 а): физический сброс.

Р (10 b): сброс от УФС.

Р (12): начало кадра данных (маркера).

Р2: ПРИЕМ\_ПОЛЯ\_УК — в этом состоянии ПРИЕМНИК проверяет поле НО (символы JK) и поле УК кадра данных или маркера и определяет тип кадра.

Р (20 а): физический сброс.

Р (20 b): сброс от УФС.

Р (21 а): неправильный начальный ограничитель (НО).

Р (21 b): ошибка формата (на месте поля УК неправильные символы).

Р (23): начало кадра данных.

Р (25): начало кадра маркера.

Р 3: ПРИЕМ\_КАДРА — в этом состоянии ПРИЕМНИК сканирует и обрабатывает поля АП, АО, ИНФО и КПК. Если принимаемый кадр является кадром УДС "заявка маркера" ЗМК, он обрабатывается в этом состоянии. Обработка АП (см. прим. 1 к табл. 8.11) служит для опознавания кадров, предназначенных данной станции ЛВС. Обработка АО (см. прим. 2 к табл. 8.11) служит для опознавания и аннулирования собственных кадров и для сравнения приоритетности принимаемого кадра ЗМК с собственным.

Р (30 а): физический сброс.

Р (30 b): сброс от УФС.

Р (31 а): уничтожить кадр.

Р (31 b): ошибка формата (внутри кадра недопустимый символ).

Р (34): принят конечный ограничитель (символ Т).

Р 4: ПРИЕМ\_ПОЛЯ\_СК — в этом состоянии ПРИЕМНИК обрабатывает поле СК — последнее поле кадра.

Р (40 а): физический сброс.

Р (40 b): сброс от УФС.

Р (41 а): принят собственный кадр ЗМК.

Р (41 b): принят более приоритетный кадр ЗМК.

Р (41 c): принят менее приоритетный кадр ЗМК.

Р (41 d): принят собственный кадр НСП.

Р (41 e): принят кадр НСП другой станции.

Р (41 f): принятый кадр не ЗМК и не НСП.

Р 5: ПРОВЕРИТЬ\_МК — в этом состоянии ПРИЕМНИК проверяет правильность поля КО кадра маркера (символы ТТ) и формирует сигнал о приеме маркера.

Р (50 а): физический сброс.

Р (50 b): сброс от УФС.

Р (51 а): удалить из кольца незаконченный кадр маркера.

Р (51 b): ошибка формата кадра маркера.

Р (51 c): принят правильный кадр маркера.

### 8.5.3. Описание ПЕРЕДАТЧИКА УДС

ПЕРЕДАТЧИК УДС транслирует символы информации других станций по кольцу, вставляя при необходимости и возможности собственные кадры, вместе с другими станциями координирует использование кольца и восстановление его работоспособности после сбоев.

Т 0: ПРД\_1 — является исходным состоянием ПЕРЕДАТЧИКА после инициации УДС. В этом состоянии ПЕРЕДАТЧИК посылает в кольцо (примитивом УФС\_ДАННЫЕ.запрос) непрерывную последовательность символов I. ПЕРЕДАТЧИК возвращается в это состояние после передачи кадра данных или маркера, при захвате маркера или удалении из кольца кадра данных.

Т (00): сброс.

Т (01): начало приема и трансляции кадра данных.

Т (02): захват маркера и начало передачи своих кадров данных.

Т (03): полученный маркер не может быть захвачен.

Т (04): требуется восстановление кольца с помощью процедуры заявки маркера (см. 8.4.4).

Т (05): диспетчер затребовал процедуру проверки кольца с помощью кадра НСП.

Т 1: ТРАНСЛИРОВАТЬ — в этом состоянии ПЕРЕДАТЧИК транслирует принимаемые символы, но может изменять поле СК транслируемых кадров.

Т (10 а): захват маркера (передатчик находится в состоянии Т0, пока не принят весь кадр маркера).

Т (10b) : завершена трансляция кадра маркера.

Т (10 с): аннулирование кадра данных (принимаемые символы заменяются символами I).

Т (10d) : сброс.

Т (10 е): завершена трансляция кадра данных.

Т (14): требуется восстановление кольца с помощью процедуры заявки маркера.

Т3: ПРД\_ДАННЫЕ — в этом состоянии передается один или несколько собственных кадров данных, ожидающих передачи. В любом случае общее время передачи не должно превышать значения КТОМ.

Т (20): сброс.

Т (22): начать передачу следующего кадра данных, если выполняются соответствующие условия (см. прим. 1 к табл. 8.12).

Т (23): передача кадров данных закончена.

Т (24): требуется восстановление кольца с помощью процедуры заявки маркера.

Т3: ПРД\_МК — в этом состоянии передается новый кадр маркера после окончания передачи собственных кадров данных или после окончания процедуры заявки маркера.

Т (30 а): сброс.

Т (30 б) : закончена передача кадра маркера.

Т (34): требуется восстановление кольца с помощью процедуры заявки маркера.

Т4: ПРД\_ЗМК — в этом состоянии выполняется восстановление работоспособности кольца (после нарушения его работы) с помощью процедуры заявки маркера. Станция, выигравшая этот процесс, получает право инициации кольца выдачей общего маркера.

Т (40): сброс.

Т (43): успешное завершение процедуры заявки маркера.

Т (45): безрезультатное завершение процедуры заявки маркера и переход к процедуре проверки целостности кольца.

Т5: ПРД\_НСП — это состояние вводится либо диспетчером станции Т (05), либо после безрезультатного завершения процедуры восстановления Т (45) и предназначено для проверки целостности кольца с помощью передачи кадров НСП (см. 8.4.4).

Т (50): сброс.

Т (54): целостность кольца восстановлена, можно перейти к процедуре заявки маркера.

## 8.6. ПРОТОКОЛ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДОЙ

### 8.6.1. Работа подуровня УФС

Подуровень УФС обеспечивает кодирование/декодирование проходящих через него данных, установление и поддержание побитовой и посимвольной синхронизации принимаемых и передаваемых данных.

С целью совмещения передачи данных и синхронизирующей информации подуровень УФС реализует двухуровневое кодирование информации. В результате каждый передаваемый символ вызывает, как минимум два перепета уровня оптического сигнала в линии, обеспечивая самосинхронизацию потока данных и поддерживая баланс постоянной составляющей в линии на уровне  $\pm 10\%$  по отношению к номинальному значению. Ввиду высокой скорости передачи в ЛВС ВОИ этот параметр очень важен.

Организация логического объекта подуровня УФС показана на рис. 8.6. Первая степень кодирования выполняется кодером УФС, который преобразует поступающие от УДС (или диспетчера станции) символы в код БВН (без возврата к нулю). Каждый символ преобразуется в уникальную пятибитную последовательность. Диспетчер

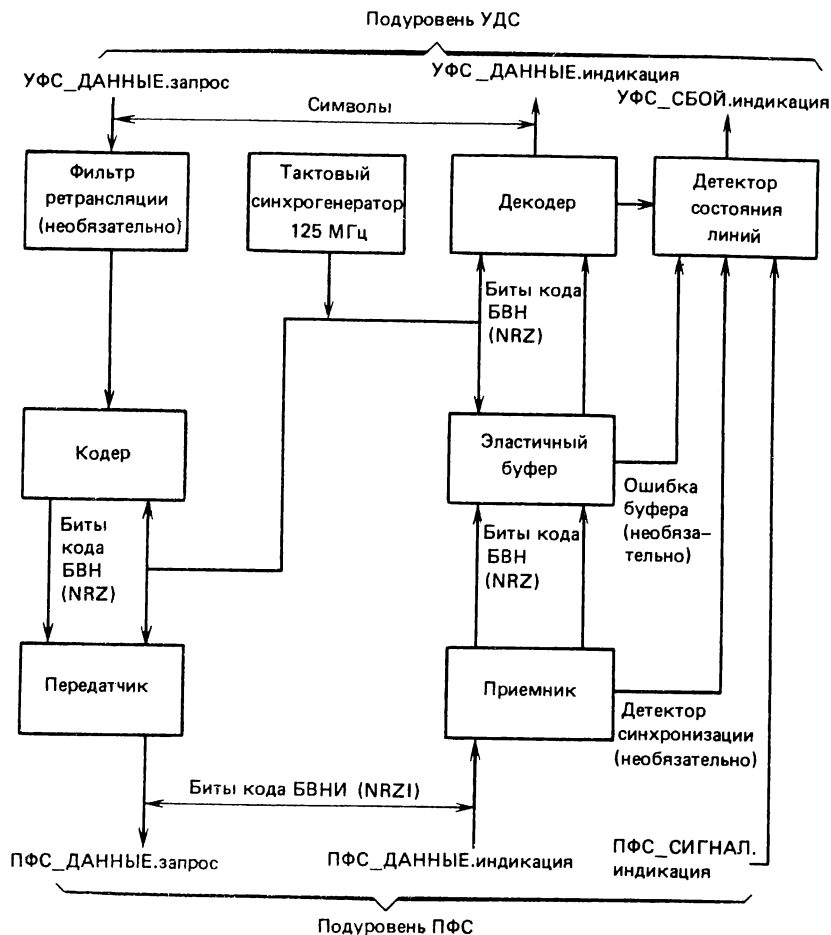


Рис. 8.6. Блок-схема подуровня УФС в ЛВС ВОИ

станции с помощью примитива ДИСП\_УФС\_СОСТОЯНИЕ\_ЛИНИИ.запрос может управлять работой кодера, заставляя его, например, передавать символы состояния линии, игнорируя запросы УДС.

Вторая ступень кодирования выполняется передатчиком УФС, который преобразует битовый поток кода БВН в код БВН (без возврата к нулю с инверсией по единицам) и направляет его подуровню ПФС.

Приемник УФС обеспечивает декодирование поступающих от ПФС электрических импульсов кода БВН в импульсы кода БВН. Кроме того, он восстанавливает тактовую частоту входящего потока (125 МГц) для синхронизации принимаемого битового потока и работы детектора синхронизации (если таковой реализован).

Поскольку синхронизация принимаемого потока бит осуществляется тактовой частотой, извлекаемой приемником из этого же потока (фактически это частота передатчика соседней, верхней по потоку данных станции), а ретрансляция данных следующей станции кольца осуществляется с тактовой частотой местного синхрогенера-

Состояния линии в ЛВС ВОИ

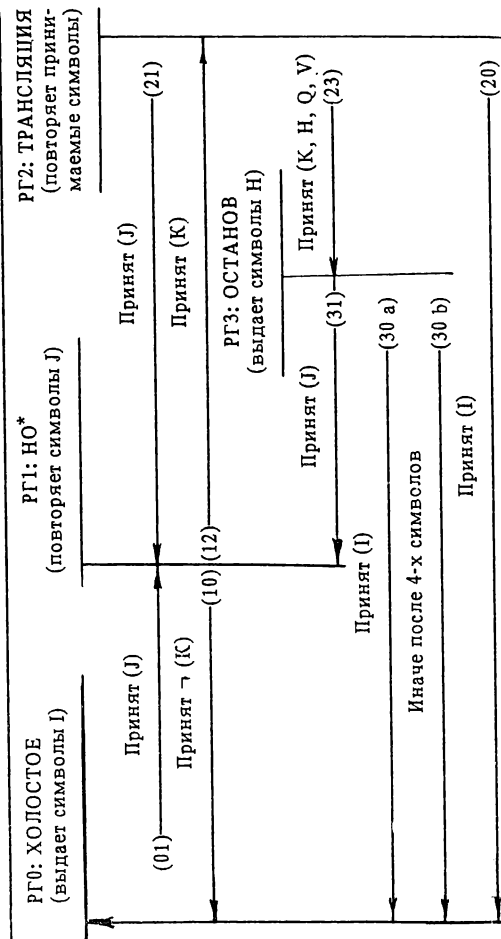
Состояние	Назначение	Условие входа	Условие выхода	Реакция
ОБРЫВ	Указывает на подготовку к разрыву или разрыв физического соединения с соседней верхней станцией из-за ее реконфигурации, локального тестирования, обрыва кабеля или неисправности	Сообщение ПФС о потере сигнала или прием 16-17 символов Q подряд		Деактивизировать это физическое соединение
ВЕДУЩАЯ	Сигнализирует о присутствии ведущей УФС на линии и используется как часть процесса установления физического соединения	Прием 8-9 пар символов HQ подряд	Прием пары символов, отличной от HQ, или сообщение ПФС о потере сигнала	То же
ОСТАНОВ	Сигнализирует о присутствии подчиненной или равноправной УФС на линии и используется как часть процесса установления физического соединения	Прием 16-17 символов H подряд	Прием символа, отличного от H, или сообщение ПФС о потере сигнала	— "
ХОЛОСТОЕ	Сигнализирует о намерении соседней станции установить физическое соединение. Используется для межкадрового заполнения на активном физическом соединении	Прием 4-5 символов I подряд	Прием символа, отличного от I, или сообщение ПФС о потере сигнала	Устанавливается и поддерживается битовая синхронизация
АКТИВНОЕ	Сигнализирует об активности физического соединения и начале передачи кадров УДС	Прием пары символов JK (т. е. начала кадра УДС)	Прием символа отличного от I, R, S, T, символа данных или сообщение ПФС о потере сигнала	Физическое соединение активизируется. Начать прием кадра УДС



Состояние	Назначение	Условие входа	Условие выхода	Реакция
ШУМ	Свидетельствует о помехах на линии или неисправности на физическом уровне	Отсутствие условий входа в другие состояния и появление 16-17 раз подряд: символов Q, H, J, K, V; ошибок гибкого буфера; других событий (в зависимости от реализации)	Выполнено условие входа в какое-либо другое состояние	Если состояние сохраняется, необходимо деактивизировать это физическое соединение

Таблица 8.14

## Переходы состояний фильтра ретрансляции



\*НО — начальный ограничитель кадра.

тора, то всегда существует разность скоростей между входным и выходным потоками бит. Эта разность не должна превышать 0,01 % номинальной частоты 125 МГц. Для компенсации этой разницы скоростей в УФС каждой станции используется эластичный буфер. Его вход синхронизируется тактовой частотой, извлекаемой приемником из входного потока бит, а выход — местным синхрогенератором.

В конкретных реализациях местоположение эластичного буфера может отличаться от указанного на рис. 8.6. Накопленное за время приема кадра расхождение между числом принятых эластичным буфером и переданных им бит ликвидируется за счет бит символов 1 в межкадровый промежуток времени. Минимально требуемая "эластичность" буфера вычисляется для самого длинного кадра (9000 символов или 45 000 бит), буферизуемого с максимальной разностью частот  $0,01\%$ , и составляет  $\pm 4,5$  бит.

Декодер УФС принимает от эластичного буфера битовый поток в коде БВН, синхронизуемый местным тактовым генератором, декодирует его в символы, обеспечивая при этом посимвольную синхронизацию логических схем УДС, и передает декодированные символы на УДС (или диспетчеру).

Детектор состояния линии используется для определения долговременного (по сравнению с одним или двумя символами) состояния линии. Для этого детектор пользуется информацией подуровня ПФС, поступающей с примитивом ПФС\_СИГНАЛ.индикация, и внутренними сигналами УФС (если они реализованы), сообщающими об ошибках в работе эластичного буфера и наличии сигнала синхронизации.

Тактовый синхрогенератор используется для получения основной тактовой частоты, используемой различными блоками УФС. Характеристики тактового синхрогенератора должны быть следующими: основная частота 125 МГц  $\pm 0,005\%$ , фазовое дрожание (выше 20 кГц) не более  $\pm 8^\circ$ , коэффициент гармонии (выше 125,02 МГц) не более  $-20$  дБ.

## 8.6.2. Состояния линии

Для управления физическим соединением (участком физической среды между двумя соседними станциями вместе с их компонентами ПФС) определены шесть состояний линии. Большинство состояний соответствуют определенным последовательностям специальных символов. Состояния линии распознаются на подуровнях ПФС и УФС и обрабатываются логическими объектами УДС и диспетчерами станций. В табл. 8.13 представлены все состояния линии, а также события, вызывающие смену состояний, и действия, сопровождающие состояния.

## 8.6.3. Фильтр ретрансляции

В некоторых случаях возникает необходимость трансляции символов с выхода (УФС\_ДАННЫЕ.индикация на рис. 8.6) одного логического объекта УФС прямо на вход (УФС\_ДАННЫЕ.запрос) другого логического объекта УФС этой же станции без вмешательства подуровня УДС. В этом случае требуется фильтр ретрансляции для того, чтобы предотвратить распространение недействительных символов и неопределенных состояний линии с входа станции на ее выход и дальше по кольцу ЛВС.

Хотя при работе с УДС фильтр ретрансляции и не требуется, он может быть включен в УФС и не будет оказывать никакого влияния на его нормальную работу. Алгоритм работы фильтра ретрансляции приведен в табл. 8.14 в виде диаграммы переходов состояний соответствующего конечного автомата.

# 8.7. ПОДУРОВЕНЬ ПФС И СПЕЦИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

## 8.7.1. Назначение и структура ПФС

Подуровень ПФС обеспечивает цифровую двухпунктовую связь в основной полосе частот между соседними (в кольце) станциями ЛВС по волоконно-оптическому кабелю. Он определяет характеристики волоконно-оптического кабеля, оптических

передатчиков и приемников, оптических разъемов и коммутаторов, а также характеристики оборудования ПФС.

Локальная сеть ВОИ состоит из группы станций, последовательно соединенных физической средой в замкнутое кольцо. Каждая станция участвует в передаче информации по кольцу, регенерируя и повторяя каждый бит информации следующей станции кольца. Станции служат средством подключения к ЛВС ВОИ различных устройств, которые получают при этом возможности связи друг с другом.

Определено два вида станций: двойная, содержащая два логических объекта УФС, и одинарная, имеющая один логический объект УФС. Физическое кольцо ЛВС ВОИ можно составить только из двойных станций, поскольку единственный логический объект УФС одинарной станции можно соединить только с одним логическим объектом УФС другой станции волоконно-оптическим кабелем. Некоторые двойные

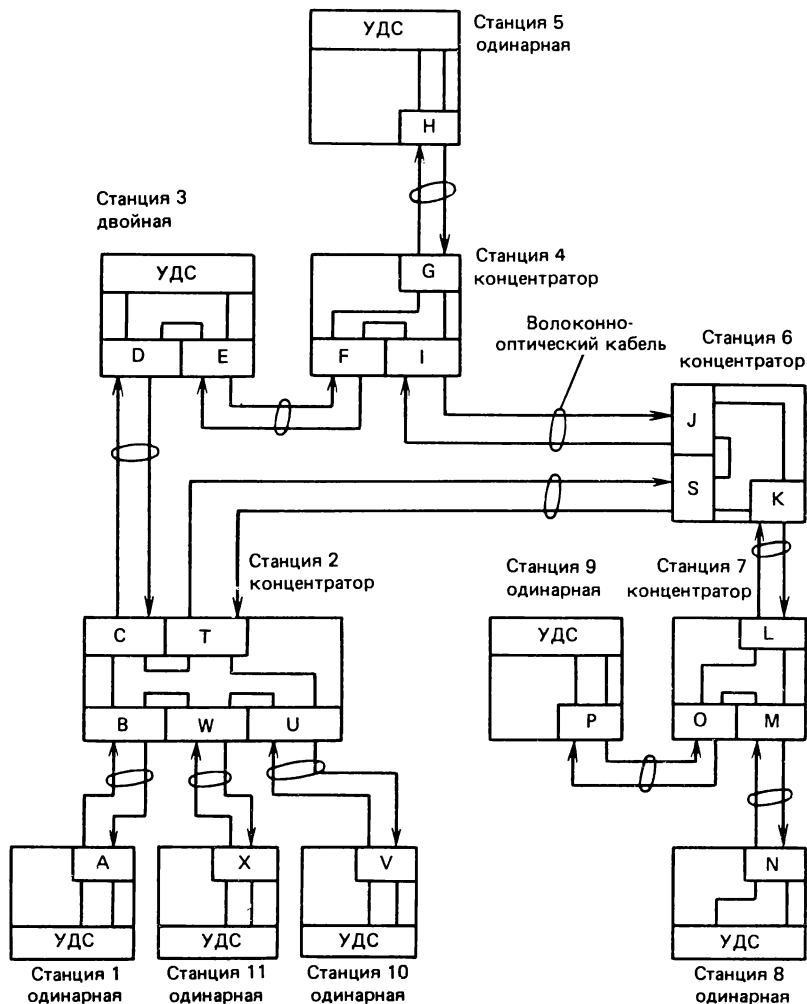


Рис. 8.7. Пример топологии ЛВС ВОИ

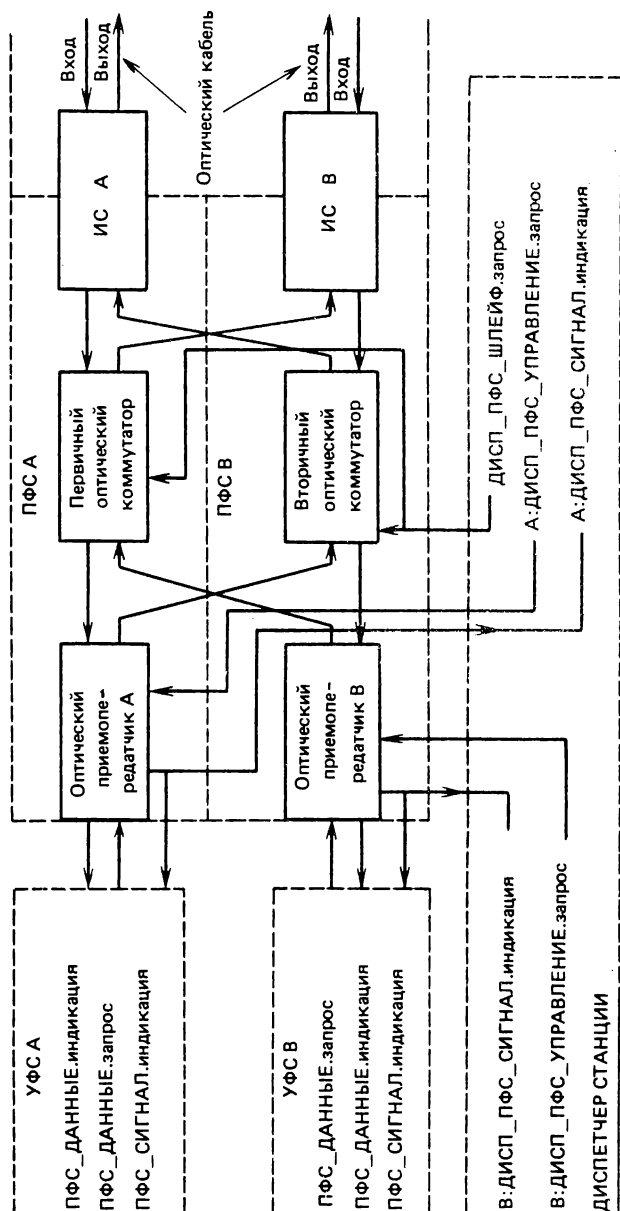


Рис. 8.8. Функциональная структура ПФС двойной станции

станции, называемые концентраторами, имеют дополнительные логические объекты УФС для подключения одинарных станций, которые самостоятельно не могут быть включены в кольцо. Логическое кольцо ЛВС ВОИ состоит из всех подключенных станций.

На рис. 8.7 показано использование физических соединений для построения логического кольца. Соединения логических объектов УФС в станциях 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11 образуют логическое кольцо. Станции 2, 3, 4, 6 образуют физическое (двойное) кольцо. Концентраторы также могут иметь логические объекты УДС, хотя на рис. 8.7 таковые не показаны.

На рис. 8.8 показана функциональная организация логического объекта подуровня ПФС и связанные с ним интерфейсы и сигналы. Как уже упоминалось при описании услуг, примитивы представляют собой логические, а не физические сигналы, поэтому в конкретных реализациях ПФС может быть выбран другой (эквивалентный в смысле внешнего поведения ПФС) набор сигналов на интерфейсах ПФС.

## 8.7.2. Подключение к физической среде

Смежные станции ЛВС ВОИ соединены волоконно-оптическим кабелем, подключаемым через интерфейсный соединитель (ИС). Волоконно-оптический кабель должен заканчиваться вилкой, а станции оборудуются розетками ИС. Гнезда должны быть снабжены ключом (определяющим тип ИС) для предотвращения неправильного подключения вилки. В МОС 9314-3 приведены основные конструктивные размеры ИС и их ключей для всех типов ИС.

Для обеспечения взаимозаменяемости станций в ЛВС ВОИ стандарт МОС 9314-3 определяет четыре типа ИС: А, В, S, М, причем ИС А одной станции должен соединяться с ИС В другой станции, а ИС S — с ИС М. При этом конструкция ИС гарантирует правильное соединение оптических приемников с оптическими передатчиками.

В одинарной станции используется ИС типа S для подключения к концентратору. На двойной станции используются два ИС (для образования двойного физического кольца): один типа А, другой типа В. В концентраторе кроме ИС типов А и В, используются ИС типа М, число которых равно числу подключаемых одинарных станций.

## 8.7.3. Сигналы на интерфейсе ПФС с физической средой

Параметры входного и выходного оптического сигнала на ИС приведены в табл. 8.15. В МОС 9314-3 заданы также требования к ширине спектральной полосы

Таблица 8.15

**Параметры оптического сигнала на интерфейсе ПФС с физической средой**

Параметр	Выход прд.		Вход прм.	
	мин.	макс.	мин.	макс.
Центральная длина волны, нм	1270	1380	1270	1380
Пиковая мощность, дБм	-16,0	-10,0	-27,0	-10,0
Время нарастания импульса (10...90 %), нс	0,6	3,5	0,6	5,0
Время спада импульса (90...10 %), нс	0,6	3,5	0,6	5,0
Случайное дрожание фазы, нс	0,0	0,003	—	—
Изменение цикла (пиковое), нс	0,0	0,70	0,0	0,70
Дрожание фазы, обусловленное данными*, нс	0,0	0,28	0,0	0,40
Перепад уровней (Рн/Рв) 100 %**	0,0	5,0	—	—

\* Метод измерения и тестовая последовательность данных приведены в информационном приложении к МОС 9314-3.

\*\* Рн — низкий и Рв — высокий уровень оптического сигнала.

Характеристики шлейфа в ЛВС ВОИ

Параметр	Значение	
	мин.	макс.
Вносимое затухание, дБ	0,0	3,0
Перекрестное затухание между каналами, дБ	40,0	—
Время переключения, мс	—	25,0
Время разрыва физической среды, мс	—	15,0

источника оптического сигнала и к форме оптических импульсов на выходе станции. Все параметры заданы так, чтобы вносимый подключением одной станции коэффициент ошибок по битам не превышал значения  $2,5 \cdot 10^{-10}$  при наихудших из указанных в табл. 8.15 значениях параметров и значения  $10^{-12}$  при превышении уровня мощности входного сигнала на 2дБ по сравнению с минимально допустимым.

В ПФС любой станции может быть по желанию реализована функция оптического шлейфа с помощью оптических коммутаторов (рис. 8.8), которые по команде диспетчера (см. табл. 8.6) или при включении питания станции коммутируют входные и выходные линии оптического кабеля на вход оптического приемника и выход оптического передатчика соответственно. Эта функция позволяет подключать и отключать станцию из сети, не нарушая работу ЛВС в целом. В случае реализации функции шлейфа она не должна обеспечивать характеристики, приведенные в табл. 8.16.

#### 8.7.4. Сигналы на интерфейсах ПФС-УФС и ПФС-ДИСП

Оптический приемник преобразует входящий оптический сигнал в эквивалентный электрический сигнал, который направляется в УФС. Кроме того, оптический приемник определяет наличие или отсутствие оптического сигнала. На рис. 8.9 показана



Рис. 8.9. Временные характеристики оптического приемника

Характеристики оптического приемника в ЛВС ВОИ

Параметр	Значение	
	мин.	макс.
Время обнаружения сигнала, мкс	—	200,0
Время сброса обнаружения сигнала, мс	—	1,0
Пороговый уровень обнаружения сигнала, дБм	-42,0	-27,0
Гистерезис схемы обнаружения сигнала, дБ	1,2	—

временная взаимосвязь между этими сигналами, а в табл. 8.17 приведены основные параметры оптического приемника.

Оптический передатчик преобразует электрический сигнал от УФС в оптический сигнал. Оптический передатчик должен начать передачу данных не позднее чем через 1,0 мкс после получения примитива ДИСП\_ПФС\_УПРАВЛЕНИЕ.запрос с параметром "передача разрешена".

### 8.7.5. Параметры кабельного участка

Кабельный участок включает в себя все компоненты волоконно-оптического кабеля между двумя станциями, в том числе вилки ИС для подключения к станциям. Заданные в МОС 9314-3 параметры обеспечивают работоспособность ЛВС ВОИ при кабельных участках длиной до 2 км. Для более коротких кабельных участков некоторые требования могут быть снижены.

Модовая ширина полосы пропускания кабельного участка (по уровню -3дБ оптического сигнала) должна быть не менее 400,0 МГц·км. Суммарное затухание оптического сигнала между двумя станциями не должно превышать 11,0 дБ (сюда входит затухание кабеля, обычно менее 2,5 дБ/км, соединений и разъемов).

В качестве физической среды выбирается один из типов волоконно-оптического кабеля, указанных в табл. 8.18. Допускается применение кабелей разных типов на одном участке, хотя это может вызвать дополнительное затухание.

В информационных приложениях к МОС 9314-3 приведены основные характеристики электрических сигналов на интерфейсе ПФС—УФС, методы их измерения, распределение фазового дрожания сигнала в системе и методы его измерения.

Таблица 8.18

Магистральный волоконно-оптический кабель для ЛВС ВОИ

Кабель	Диаметр жилы, мкм	Диаметр оболочки, мкм	Апертура	
			измеренная	расчетная
Основной	62,5	125,0	0,275	0,29
	85,0	125,0	0,26	—
Альтернативный	50,0	125,0	0,20	0,21
	50,0	125,0	0,22	0,23
	100,0	140,0	0,29	—

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЛВС (МОСТЫ УДС)

### 9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

#### 9.1.1. Основные понятия

Мост УДС (MAC bridge) — устройство, обеспечивающее взаимосвязь нескольких ЛВС (возможно разных типов) посредством трансляции кадров УДС из одной ЛВС в другую, преобразуя при этом (в случае связи разнотипных ЛВС) протоколы УДС.

Порт (Port) — функциональная часть моста, обеспечивающая его сопряжение с одной ЛВС и реализующая соответствующий протокол УДС.

Объединенная ЛВС (Bridged LAN) — совокупность ЛВС, соединенных мостами.

Активная конфигурация (Active topology) — конфигурация взаимосвязанных ЛВС, формируемая активными портами (т. е. транслирующими кадры УДС) мостов.

Покрывающее дерево (Spanning tree) — активная конфигурация в виде дерева, охватывающая все ЛВС объединенной сети и обеспечивающая единственный маршрут между любыми ее двумя станциями.

Корневой мост (Root bridge) — мост, являющийся корнем покрывающего дерева и выполняющий некоторые функции по поддержанию активной конфигурации объединенной ЛВС.

Назначенный порт (Designated port) — порт, через который данная ЛВС взаимодействует с остальными ЛВС объединенной сети.

Корневой мост (Root port) — порт в активной конфигурации, соединяющий данный мост с корневым.

Назначенный мост (Designated bridge) — мост, содержащий назначенный порт.

Фильтрация (Filtering) — процесс избирательной трансляции кадров УДС через мост.

База данных фильтрации БДФ (Filtering database) — концептуальное хранилище данных, необходимых для правильной маршрутизации транслируемых кадров УДС. Эти данные обеспечивают корреляцию между номером порта моста и адресами станций ЛВС, доступных через него.

#### 9.1.2. Назначение и функции моста

Каждой из рассмотренных в предыдущих разделах типов ЛВС присущи различные ограничения на длину и конфигурацию физической среды, пропускную способность сети, число подключаемых станций. Мосты УДС (в дальнейшем просто "мосты") позволяют обойти эти ограничения и, более того, связать между собой ЛВС разного типа. Образованная с помощью мостов совокупность взаимосвязанных ЛВС (будем называть ее в дальнейшем объединенной ЛВС) позволяет взаимодействовать станциям, подключенным к разным ЛВС, так, как если бы они были подключены к одной и той же ЛВС. Взаимосвязь ЛВС с помощью мостов на подуровне УДС показана на рис. 9.1. Мосты являются по существу преобразователями протоколов УДС и прозрачны для протоколов уровня УЛЗ и расположенных выше уровней.

Взаимосвязь между ЛВС можно обеспечить и на других уровнях. Например, согласно эталонной модели ВОС рекомендуется осуществлять взаимосвязь подсетей различного типа на сетевом уровне. Возможна также взаимосвязь и на физическом уровне (см. повторители в 3.6 и 4.2), но при этом все объединяемые ЛВС должны быть одного типа. По сравнению с взаимосвязью на сетевом уровне (см. разд. 10) объединенные ЛВС сохраняют все преимущества отдельных ЛВС: широкополосную передачу, высокую производительность, возможность использования объединенных ЛВС в архитектурах, не соответствующих архитектуре ВОС.



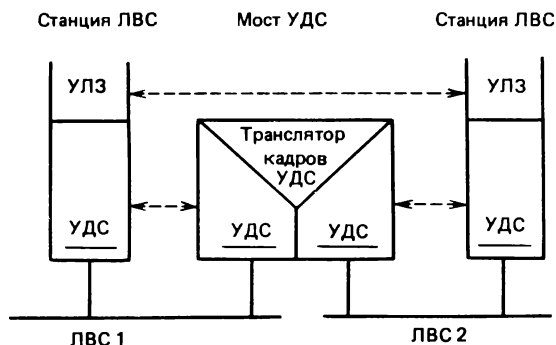


Рис. 9.1. Архитектура объединенной ЛВС

Мосты соединяют между собой две или более ЛВС, подключаясь к ним через свои порты. Как видно из рис. 9.2, мосты могут соединять несколько ЛВС в объединенную сеть произвольной конфигурации, обеспечивая альтернативные маршруты между двумя ЛВС на случай выхода из строя отдельных компонентов сети. В то же время для поддержания качества услуг УДС в объединенной ЛВС (в частности, обеспечения отсутствия дублирования кадров, их переупорядочения) в каждый момент между двумя любыми ЛВС должен существовать лишь один маршрут, т. е. наряду с физической конфигурацией объединенной ЛВС существует активная конфигурация, динамически изменяющаяся и обеспечивающая единственный маршрут между любыми двумя ЛВС.

Каждый мост выполняет функции трансляции и фильтрации кадров УДС, формирования и поддержки активной конфигурации, поддержки актуальности информации, требуемой для фильтрации, и управления перечисленными процессами.

Основная задача моста — трансляция кадров УДС между ЛВС, к которым подключены его порты. Для выполнения этой задачи требуется выполнить ряд функций: принять кадр из ЛВС, аннулировать кадры, принятые с ошибкой или с полем данных, превышающим максимально допустимый размер, направить принятые кадры к другим портам моста, преобразовать параметры кадра (в том числе приоритет, КПК и др.) при переходе к ЛВС другого типа, аннулировать кадры, задержанные мостом больше определенного времени (для ограничения времени существования кадров), и передать кадры в другую ЛВС.

При трансляции кадров УДС мосты выполняют их фильтрацию, т. е. транслируют только те кадры, маршрут которых должен проходить через этот мост. Это обеспечивает поддержку качества услуг УДС в объединенной ЛВС и предохраняет отдельные ЛВС от избыточной нагрузки. Фильтрация осуществляется на основе информации, хранимой и динамически обновляемой каждым мостом.

Для поддержки актуальности этой фильтрующей информации мосты выполняют следующие функции: хранят статическую фильтрующую информацию, изменяют динамическую фильтрующую информацию на основе наблюдения за нагрузкой объединенной ЛВС (процесс обучения), распространяют фильтрующую информацию (полученную в процессе обучения) по всем остальным мостам, участвуют в процессе формирования и изменения активной конфигурации объединенной ЛВС.

## 9.2. СТРУКТУРА МОСТА

На рис. 9.3 изображена структура моста с двумя портами. Логические объекты УДС моста функционируют в соответствии с протоколом УДС подключенной ЛВС. При этом они обеспечивают для транслирующего логического объекта внутренние услуги УДС моста, которые не зависят от типа ЛВС.

Транслирующий логический объект объединяет все порты моста и, используя внутренние услуги УДС, обеспечивает пересылку кадров УДС из одного порта в

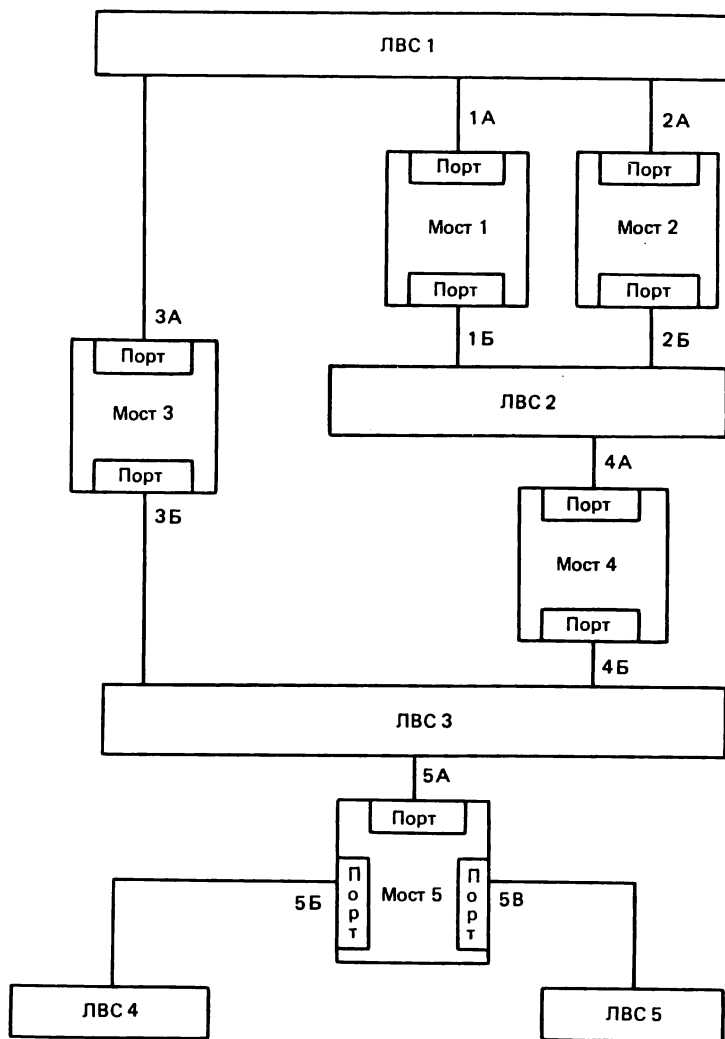


Рис. 9.2. Пример физической конфигурации объединенной ЛВС

другой. Он состоит из нескольких функциональных частей: транслятора кадров УДС, базы данных фильтрации, процесса обучения и логического объекта межмостового протокола.

На рис. 9.4, а показана схема выполнения основной функции моста – ретрансляции кадров УДС. Эту функцию выполняет транслятор кадров (ТК) на основе анализа адреса получателя поступающих кадров УДС, а также информации о состоянии портов и данных фильтрации. Состояние порта отражает состояние его технических средств (работоспособны или нет) и характер его участия в работе объединенной ЛВС (неактивен, заблокирован, работоспособен и т. д.).

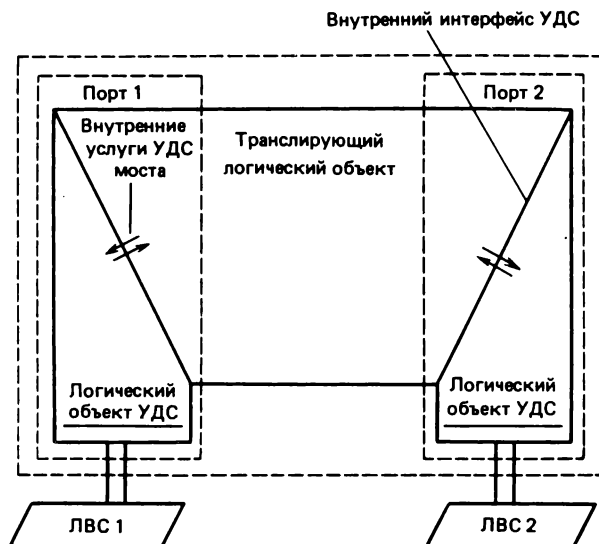


Рис. 9.3. Структура моста

База данных фильтрации (БДФ) должна содержать всю необходимую информацию для правильной работы транслятора кадров. Эта база содержит совокупность входов, которые отражают маршрутную информацию для уникальных адресов УДС станций объединенной ЛВС. База содержит входы двух типов — статические и динамические, причем для одного адреса УДС могут существовать как статический, так и динамический входы.

Статические входы БДФ удаляются и добавляются под управлением диспетчера моста. С каждым входом связана следующая информация:

- адрес получателя УДС, для которого требуется фильтрация (может быть индивидуальным, групповым или глобальным);

- диспозиция входа, определяющая способ фильтрации кадров с указанным адресом получателя. Диспозиция может быть нормальной (кадр направляется только в указанный порт), пропускающей (кадр направляется во все порты этого моста, кроме того, на котором он принят) или задерживающей (кадр не направляется ни в один порт);

- номер порта, в который направляется кадр при нормальной диспозиции входа.

Динамические входы БДФ создаются и обновляются в процессе обучения. С каждым входом связана следующая информация:

- адрес получателя УДС, для которого требуется фильтрация (разрешается только индивидуальный адрес);

- номер порта, в который направляется кадр (диспозиция динамического входа всегда нормальная).

Динамические входы автоматически удаляются из БДФ по истечении определенного времени после его создания или последнего обновления, что позволяет отслеживать возможные перемещения станций ЛВС из одной части объединенной ЛВС в другую.

На рис. 9.4, 6 показаны информационные связи процесса обучения. Процесс обучения анализирует адрес отправителя принимаемых портом кадров УДС и при определенном состоянии порта обновляет динамические входы БДФ. Таким образом устанавливается корреляция между номером порта и доступными через него станциями ЛВС.

Перед началом работы и после реконфигурации объединенной ЛВС происходит формирование новой активной конфигурации сети. При этом обычно изменяются

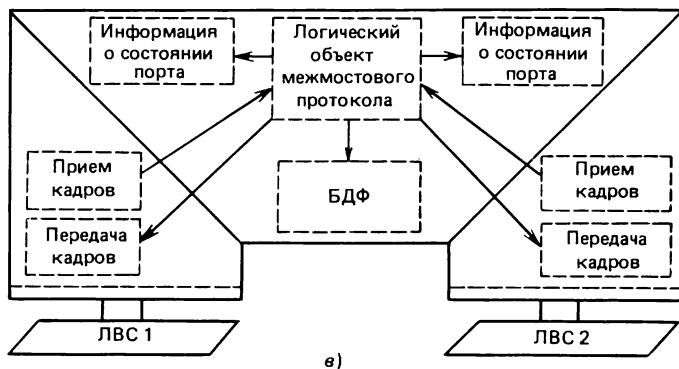
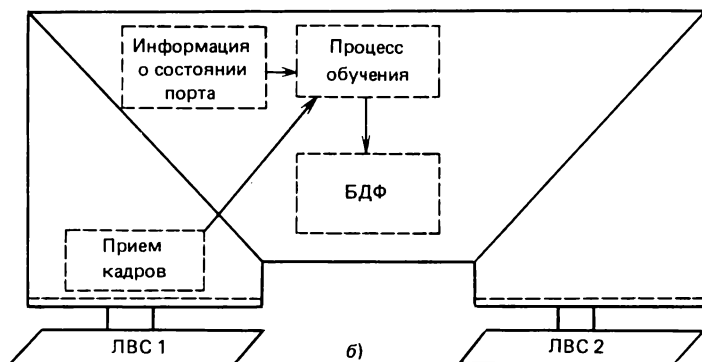
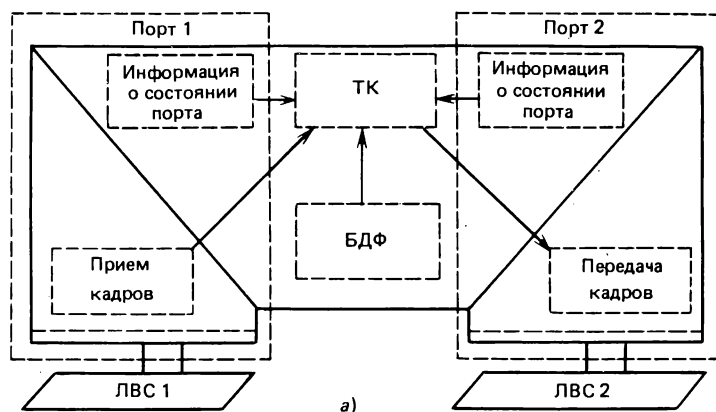


Рис. 9.4. Процессы и логические объекты моста

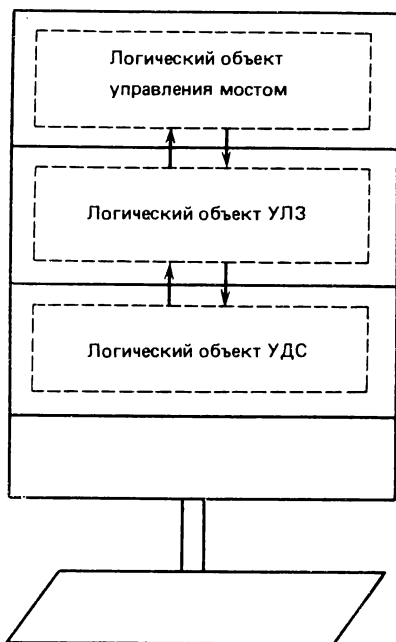


Рис. 9.5. Логический объект управления мостом

состояния портов и корректируется содержимое БДФ всех мостов. Центральную роль в этом процессе выполняет логический объект межмостового протокола, который, участвуя в формировании активной конфигурации сети, изменяет состояние портов своего моста и содержимое БДФ (рис. 9.4, в).

В проекте стандарта IEEE 802.1 часть D [22] для формирования активной конфигурации объединенной ЛВС используется алгоритм покрывающего дерева, но не исключена возможность применения других алгоритмов. Алгоритм покрывающего дерева реализуется посредством протокола покрывающего дерева, который выполняют логические объекты межмостового протокола. С этой целью они обмениваются между собой специальными протокольными блоками данных моста, формат и кодирование которых описаны ниже.

Для управления конфигурацией объединенной ЛВС, поиска неисправных компонентов сети, защиты информации, сбора статистики, учета и т. д. каждый мост содержит логический объект управления, реализующий эти функции. Логический объект управления мостом (рис. 9.5) подключается к ЛВС через один из портов, адрес которого используется для идентификации моста.

## 9.3. УСЛУГИ ПОДУРОВНЯ УДС В МОСТАХ

### 9.3.1. Поддержка услуг УДС мостами

Услуги УДС объединенной ЛВС должны быть такими же, как и услуги УДС отдельной ЛВС. Поэтому станции ЛВС не могут указывать адреса мостов для маршрутизации своих кадров, и, следовательно, все адреса УДС в объединенной ЛВС должны быть уникальными, чтобы мосты могли определить дальнейший маршрут продвижения кадров.

Качество услуг УДС в объединенной ЛВС не должно существенно отличаться от качества услуг в отдельной ЛВС. Для этого мосты должны выполнять определенные требования. Рассмотрим влияние мостов на параметры качества услуг.

Потеря кадров в объединенной ЛВС увеличивается из-за уничтожения некоторых кадров мостами в следующих случаях:

- мост неспособен передать кадр в течение времени, превышающего максимальное время его существования;

- внутренний буфер моста переполнен и мост временно неспособен принимать кадры; длина информационной области принятого кадра превышает максимально допустимый размер для той ЛВС, которой он должен быть передан;

- происходит изменение конфигурации объединенной ЛВС, поэтому возможно дублирование или нарушение порядка следования кадров.

Нарушение порядка следования кадров с одним приоритетом на уровне УДС не допускается. Следовательно, мосты должны также соблюдать это ограничение. Потенциально последовательность кадров в объединенной ЛВС может нарушиться

## Внутренние услуги УДС моста

Примитив	Параметры	Значение примитива
М_БЛОК_ДАННЫХ. индикация	Тип кадра Действия_УДС Адрес_получателя Адрес_отправителя Сервисный_блок_данных_УДС Приоритет_пользователя Предоставленный_приоритет Контрольная_последователь- ность_кадра	Логический объект УДС моста принял кадр из ЛВС и сообщает об этом транслятору моста
М_БЛОК_ДАННЫХ. запрос	Тип_кадра Действия_УДС Адрес_получателя Адрес_отправителя Сервисный_блок_данных_УДС Приоритет_пользователя Контрольная_последователь- ность_кадра	Транслятор моста запрашивает передачу кадра в ЛВС, к которой подключен данный логический объект УДС

вследствие наличия нескольких маршрутов между двумя ЛВС или переупорядочения кадров внутри моста.

Недопустимое дублирование кадров может возникнуть в объединенной ЛВС из-за наличия нескольких маршрутов между двумя ЛВС. Поэтому протоколы мостов не должны допускать такой возможности.

Задержка передачи кадров увеличивается в объединенной ЛВС из-за дополнительных задержек в мостах, состоящих из времени приема кадра, его внутренней обработки (проверка КПК, маршрутизация к нужному порту, преобразование формата кадра, если необходимо) и передачи. Чтобы ограничить время существования кадра УДС в объединенной ЛВС, мосты должны отслеживать вносимую ими задержку в продвижение каждого кадра и уничтожать кадры, задержанные дольше установленного предела.

Поскольку мосты могут соединять ЛВС, работающие с разными форматами кадра УДС, может потребоваться повторное вычисление КПК, и, следовательно, мосты могут вносить ошибки, не обнаруживаемые с помощью КПК. Поэтому по возможности следует избегать повторного вычисления КПК.

Если мост соединяет две ЛВС с разной максимально допустимой длиной кадра УДС, то он не должен пропускать кадры, длина которых превышает минимальную из двух максимально допустимых длин.

Поскольку мосты могут соединять ЛВС с разными системами приоритетов на уровне УДС, они могут изменять приоритет транслируемых кадров. Система преобразования приоритетов задается статически для каждого моста таким образом, чтобы сохранить качество услуг УДС в объединенной ЛВС.

### 9.3.2. Внутренние услуги УДС моста

В связи со спецификой функций моста услуги, предоставляемые логическим объектом УДС моста транслирующему логическому объекту, отличаются от услуг УДС предоставляемых подуровню УЛЗ. Эти так называемые внутренние услуги УДС моста расположены ниже границы УДС – УЛЗ (см. рис. 9.1) и не зависят от типов ЛВС, подключенных к мосту. Внутренние услуги УДС моста отображаются двумя примитивами (табл. 9.1), которые соответствуют приему и передаче кадра УДС.

Таблица 9.2

## Отображение внутренних услуг УДС моста в кадрах УДС разных типов ЛВС

Параметры примитивов	Значения параметра	Кодирование параметров в кадрах УДС		
		ШСД	ШМД	КМД
Тип_кадра	Кадр данных пользователя Служебный кадр УДС Зарезервированный тип	Всегда имеет значение "кадр данных пользователя" не кодируется в кадре	01 10 11 и 00	Биты FF поля УК 00 10 и 11
Действия_УДС	Запрос без ответа Запрос с ответом Ответ	Всегда имеет значение "запрос без ответа" и не кодируется в кадре	000 001 010	Биты МММ поля УК Всегда имеет значение "запрос без ответа"
Адрес_получателя		Поле АП	Поле АП	Поле АП
Адрес_отправителя		Поле АО	Поле АО	Поле АО
Сервисный_блок_данных_УДС		Поле ДАННЫЕ	Поле БЛОК_ДАННЫХ	Поле ИНФО
Приоритет	0...7	Не используется	От 000 до 111 (Биты РРР поля УК)	От 000 до 111 (Биты РРР поля УД)
Контрольная_последовательность_кадра		Поле КПК	Поле КПК	Поле КПК

Параметр "тип\_кадра" идентифицирует кадр данных пользователя, управляющий кадр УДС либо зарезервированный тип кадра. Параметр "действия\_УДС" используется только в том случае, если параметр "тип\_кадра" указывает на кадр данных пользователя. Он определяет одно из следующих условий: запрос с ответом, запрос без ответа, ответ.

Параметры "адрес\_получателя" и "адрес\_отправителя" идентифицируют логические объекты УДС получателя и отправителя, причем первый может быть как индивидуальным, так и групповым. Параметр "сервисный\_блок\_данных\_УДС" определяет содержимое поле информации кадра УДС. Параметр "приоритет\_пользователя" указывает запрошенный пользователем приоритет и может изменяться в диапазоне 0...7. Параметр "предоставленный\_приоритет" указывает приоритет, присвоенный кадру подуровнем УДС. Параметр "контрольная\_последовательность\_кадра" используется для того, чтобы можно было транслировать кадр УДС без повторного вычисления значения КПК (это возможно при трансляции кадра без каких-либо модификаций полей защищенных КПК). В табл. 9.2 показано соответствие параметров примитивов внутренних услуг УДС и кадров УДС некоторых типов ЛВС.

## 9.4. ФОРМАТ И КОДИРОВАНИЕ ПБД МОСТОВ

В процессе формирования и поддержки активной конфигурации сети мосты обмениваются между собой топологической информацией в виде протокольных блоков данных моста (ПБДМ). В IEEE 802.1D определены два типа ПБДМ: заявка (ЗВ) и уведомление о реконфигурации (УР). Их формат показан на рис. 9.6. Блок ПБДМ передается от одного моста к другому в поле информации кадра УДС, начиная с первого октета. В полях ПБДМ, состоящих из нескольких октетов и содержащих число, октеты с меньшим номером содержат цифры большей значимости.

Поле "идентификатор версии протокола" кодируется двумя одинаковыми восьмьюбитными двоичными числами, причем большему числу соответствует более поздняя версия протокола. Для идентификации версии протокола, описанной в IEEE 802.1D, это поле должно содержать биты 1000000010000000.

Поле "тип ПБДМ" должно содержать значение 00000000 для ЗВ и 10000000 для УР.

Поле "флаги" содержит флаг изменения конфигурации (бит 1) и флаг подтверждения изменения конфигурации (бит 8). Остальные биты зарезервированы и должны быть установлены в нуль.

Поля "идентификатор корневого моста" и "идентификатор моста" имеют длину 8 октетов и кодируются двоичными числами без знака. Наиболее значащая часть идентификатора (первые два октета) изменяется диспетчером объединенной сети ЛВС для задания мостам относительных приоритетов, а остальная часть идентификатора (шесть октетов) формируется из уникального адреса УДС моста (поскольку каждый мост содержит несколько логических объектов УДС с различными адресами, выбирается адрес того объекта УДС, с которым связан диспетчер моста). При этом, если в объединенной ЛВС используется 48-битный адрес УДС, адрес УДС моста является также младшей частью идентификатора моста. При использовании 16-битного адреса он подставляется в третий и четвертый октеты идентификатора моста, а младшие четыре октета идентификатора устанавливаются в нуль.

Поле "идентификатор порта" имеет длину два октета и кодируется двоичным числом без знака. Наиболее значащая часть идентификатора (первый октет) может изменяться диспетчером объединенной сети ЛВС для задания портам относительных приоритетов, а младший октет обеспечивает уникальность номера порта внутри моста. Число 0 не может использоваться как номер порта.

Поле "цена маршрута к корню" кодируется двоичным числом без знака, определяющим (в условных единицах) стоимость маршрута до корневого моста.

Остальные параметры ПБДМ — временные и кодируются двоичными числами (два октета каждое) с шагом 0,5 с.

Поле "срок сообщения" определяет степень давности информации, содержащейся в



Номер октета

1	Идентификатор версии протокола
2	
3	Тип ПБДМ
4	Флаги
5	Идентификатор корневого моста
•	
•	
•	
•	
12	Цена маршрута к корню
13	
14	Идентификатор моста
15	
•	
•	
•	
22	Идентификатор порта
23	
24	Срок сообщения
25	
26	Максимальный срок
27	
28	Интервал заявок
29	
30	Задержка смены состояний
31	
32	

а)

Идентификатор версии протокола
Тип ПБДМ

б)

Рис. 9.6. Форматы ПБДМ ЗВ (а) и УР (б)

ПБДМ ЗВ. При трансляции содержащейся в ПБДМ информации каждый мост увеличивает срок сообщения на время задержки этой информации данным мостом.

Поле "максимальный срок" содержит величину специального тайм-аута, по истечении которого информация, содержащаяся в принятом ПБДМ ЗВ, считается недействительной (устаревшей). Отсчет такого тайм-аута должен начинаться мостом со значения параметра "срок сообщения" в принятом ПБДМ ЗВ.

Поле "интервал заявок" определяет регулярность выдачи ПБДМ ЗВ корневым мостом.

Поле "задержка смены состояний" задает для всех портов минимальное время перехода в активное состояние. Такая задержка необходима, чтобы исключить возможность временного возникновения альтернативных маршрутов при одновременной смене состояний портов во время реконфигурации.

## 9.5. АЛГОРИТМ И ПРОТОКОЛ ПОКРЫВАЮЩЕГО ДЕРЕВА

### 9.5.1. Основные характеристики

Основная цель алгоритма покрывающего дерева (и реализующего его протокола) — сформировать из произвольной физической конфигурации объединенной ЛВС активную (логическую) древовидную конфигурацию сети, покрывающую все ЛВС, из которых состоит объединенная сеть.

Описываемый алгоритм обладает следующими свойствами:

формируемая им активная конфигурация обеспечивает единственный маршрут между двумя любыми станциями объединенной ЛВС, а также является предсказуемой и управляемой (через параметры моста), допуская таким образом адаптацию к интенсивности потоков между отдельными ЛВС;

обеспечивает устойчивость к отказам отдельных мостов и автоматическую адаптацию к изменению физической конфигурации сети (добавление мостов, новых ЛВС, портов в мостах и др.) с помощью автоматической реконфигурации покрывающего дерева (т. е. изменением активной конфигурации);

эффективен для объединенной ЛВС любых размеров и с высокой вероятностью завершает работу в пределах короткого, заранее известного промежутка времени;

сохраняет прозрачность сети для оконечных станций ЛВС так, что они не чувствуют, к одной или к разным ЛВС, связанным через мосты, они подключены;

требуют для своей работы очень малую часть (независящую от числа мостов и ЛВС) связанных ресурсов ЛВС;

требуемая емкость буфера каждого порта не зависит от числа мостов и ЛВС в объединенной сети;

требует от мостов знания только своего адреса УДС и общего группового адреса УДС.

### 9.5.2. Состояния порта

Каждый порт моста может находиться в одном из пяти состояний:

деактивизирован — порт не участвует ни в каких операциях;

прослушивание — является подготовительным к состоянию трансляции. В этом состоянии порт не участвует в трансляции кадров УДС, но может принимать и передавать ПБДМ для поддержки работы протокола покрывающего дерева;

обучение — является подготовительным к состоянию трансляции. В этом состоянии порт не может транслировать кадры, но участвует в процессе обучения (см. рис. 9.4, б). Кроме того, он может принимать и передавать ПБДМ;

трансляция — порт участвует во всех операциях моста; трансляции кадров УДС, процессе обучения, работе протокола покрывающего дерева;

блокировка — порт может только принимать ПБДМ, но не передавать их. Это состояние "резерва" для портов, не вошедших в активную конфигурацию сети.

На рис. 9.7 показана диаграмма переходов состояний порта.

### 9.5.3. Формирование покрывающего дерева

Каждая активная конфигурация содержит корневой мост, или корень. На рис. 9.8, где приведен пример активной конфигурации, сформированной из физической конфигурации (см. рис. 9.2), это мост 1. Порты моста, составляющие активную конфигурацию, подразделяются на корневые, соединяющие этот мост с корнем (на рис. 9.8 это порты 3А и 5А), и назначенные, соединяющие ЛВС с корнем (на рис. 9.8 это порты 1А, 1Б, 3Б, 5Б, 5В). Остальные порты заблокированы и не участвуют в трансляции кадров УДС. Очевидно, что для каждой ЛВС в активной конфигурации существует равно один назначенный порт (соответственно мост, в котором он находится, называется назначенным). Каждый мост содержит не более одного корневого порта. Корневой порт не содержит корневого порта, все его порты — назначенные.

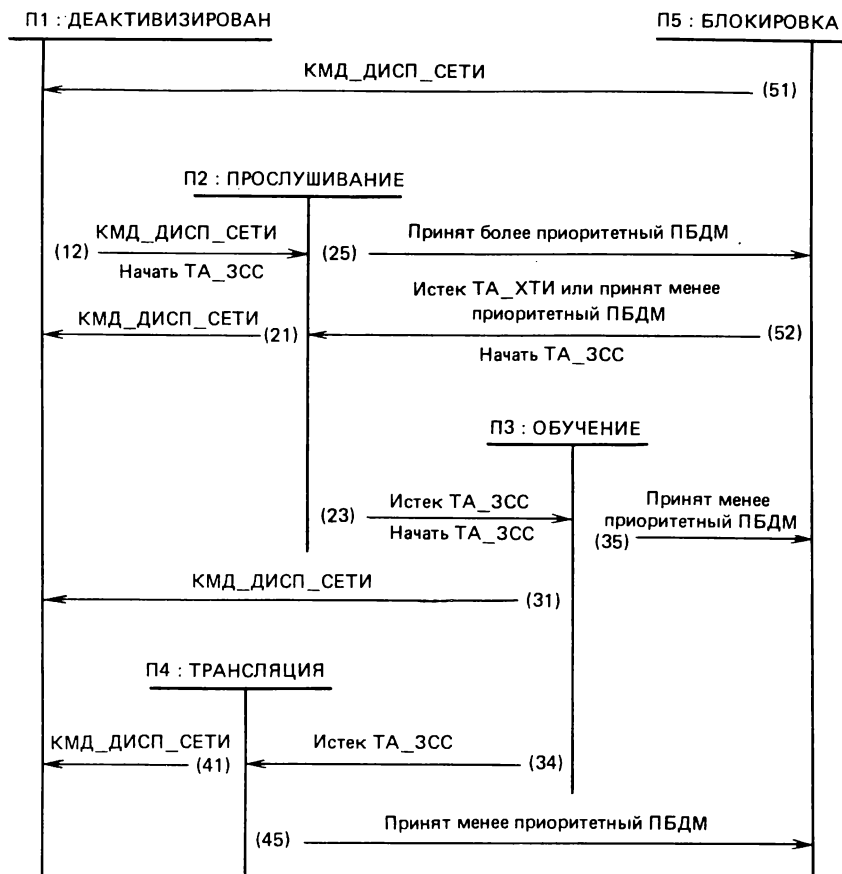


Рис. 9.7. Диаграмма переходов состояний порта

Таким образом, формирование активной конфигурации сводится к определению корневого моста, корневых и назначенных портов во всех остальных мостах. В качестве корневого выбирается мост, имеющий наименьшее числовое значение идентификатора моста.

Корневые и назначенные порты определяются на основе следующей информации: уникального идентификатора, назначенного каждому мосту; уникального идентификатора, назначенного каждому порту; условной цены маршрута, подключенный к ЛВС, назначенный мост которого имеет наименьший идентификатор. При равенстве идентификаторов назначенных мостов сравниваются идентификаторы

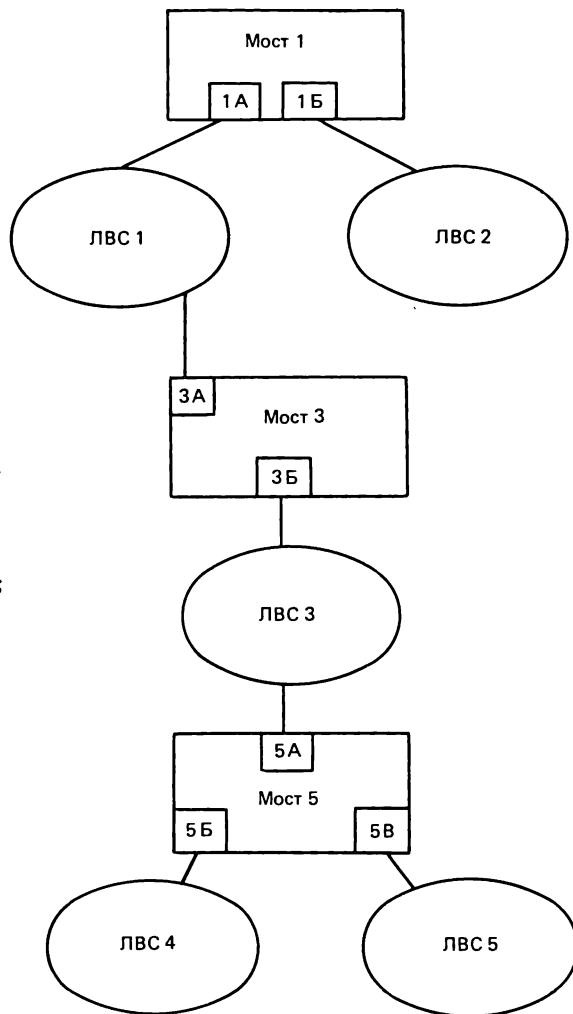


Рис. 9.8. Пример активной конфигурации для объединенной ЛВС:

КМД\_ДИСП\_СЕТИ – команда диспетчера объединенной ЛВС "деактивизировать порт";  
 ТА\_ЗСС – тайм-аут задержки смены состояний; ТА\_ХТИ – тайм-аут хранения топологической информации

назначенных портов и, наконец, собственные идентификаторы портов-претендентов на роль корневого порта.

Выбор назначенного порта осуществляется по принципу наименьшей цены маршрута к корню, обеспечиваемой конкурирующими портами. При равенстве цен предпочтение отдается порту, имеющему наименьший идентификатор порта.

Корневой мост, корневые и назначенные порты определяются во взаимодействии логических объектов межмостового протокола, которые периодически обмениваются указанной выше информацией, содержащейся в ПБДМ ЗВ. Блок ПБДМ ЗВ передается:

корневым мостом (а также любым мостом, вновь включенным в физическую конфигурацию) через определенные промежутки времени до тех пор, пока более приоритетный ПБДМ ЗВ не будет принят от другого моста;

мостом, принявшим более приоритетный ПБДМ ЗВ через свой корневой порт, который транслирует эту информацию через свои назначенные порты;

мостом, принявшим менее приоритетный ПБДМ ЗВ через свой назначенный порт, который в ответ передаст свой ПБДМ ЗВ.

Приоритет принятого ПБДМ ЗВ определяется на основе сравнения содержащихся в нем параметров и аналогичных параметров принявшего его порта. Порядок сравнения следующий: идентификатор корневого моста, цена маршрута к корню, идентификатор моста, идентификатор порта. Меньшее значение идентификатора и цены имеет больший приоритет. Если принятый ПБДМ имеет больший приоритет, то содержащаяся в порту информация модифицируется в соответствии с его параметрами. При таком алгоритме более приоритетная информация быстро распространяется по всем мостам.

Топологическая информация, которой обмениваются мосты, имеет определенный срок действия, контролируемый самими мостами. Если произошел отказ компонента сети, задействованного в активной конфигурации, либо изменились (в результате управляющих действий) идентификаторы мостов (портов), цены маршрутов или физическая конфигурация, то топологическая информация сбрасывается по тайм-ауту в каком-либо из портов. Порт, в котором это произошло, передает ПБДМ УР, начиная модификацию активной конфигурации сети.

## 9.6. УПРАВЛЕНИЕ МОСТАМИ

Для нормального функционирования объединенной ЛВС необходимо координированное управление ресурсами и процессами мостов. В проекте IEEE 802.1D определены (в соответствии с принципами управления ВОС – МОС 7498-4) функции и объекты управления в мостах УДС.

К функциям управления мостами относятся:

- управление конфигурацией, которое обеспечивает идентификацию всех мостов, их взаимного расположения; возможность удаленной инициации, сброс и деактивизацию конкретного моста; возможность управлять ресурсами моста, включая конкретные порты внутри него; немедленную реконфигурацию покрывающего дерева; управление распространением кадров УДС с групповым адресом в некоторых частях сети;

- обработка ошибок, которая позволяет обнаруживать, регистрировать и по возможности устранять ошибки в работе мостов;

- оценка производительности, которая обеспечивает сбор статистики работы мостов и анализ информационных потоков в объединенной ЛВС;

- управление защитой, которое посредством управления входами БДФ мостов может управлять доступом к станциям ЛВС.

Управляемыми ресурсами моста являются рассмотренные в 9.2 логические объекты и процессы.

Логический объект управления мостом обеспечивает следующие возможности:

- получение общей информации о мостах (имя, число и номера портов, максимальный размер БДФ, время работы, специфические параметры изготовителя) и портах моста (имя, состояние и время нахождения в нем, тип протокола УДС);

- изменение имени моста или порта (строка до 32 знаков);

- сброс моста, т. е. перевод всех портов в активное состояние, сброс содержимого БДФ и инициация логического объекта межмостового протокола.

Процесс трансляции обеспечивает возможности:

- получения содержимого специальных счетчиков, учитывающих число транслированных, аннулированных, фильтрованных и задержанных кадров УДС;

- задания и получения информации о способе трансляции некоторых параметров (полей) кадров УДС (приоритета, КПК).

База данных фильтрации позволяет:

- считывать параметры БДФ (число и номера статических и динамических входов БДФ);

- создавать, уничтожать, считывать статические и динамические входы БДФ;

- изменять время хранения некоторых динамических входов.

Логический объект межмостового протокола предоставляет возможности считывания и изменения переменных и параметров протокола покрывающего дерева, вызывая немедленную реконфигурацию сети.

Форматы ПБД, кодирование и протокол обмена управляющими данными в проекте стандарта IEEE 802.1D не определяются.

## Раздел 10

# ОСОБЕННОСТИ СЕТЕВОГО УРОВНЯ ВОС В ЛВС

## 10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 10.1.1. Основные понятия

Сеть передачи данных СПД (Data network) — совокупность каналов передачи данных и коммутационных средств для обеспечения взаимодействия между оконечным оборудованием данных.

Цифровая сеть интегрированного обслуживания ЦСИО (Integrated service digital network ISDN) — СПД, обеспечивающая совмещенную передачу любой информации (данные, речь, изображение и др.) в цифровой форме.

Сопрягающий модуль СМ (Interworking unit IWU) — оборудование, выполняющее функции сопряжения различных СПД.

Подсеть (Subnetwork) — абстрактное представление совокупности коммутационного оборудования и физической среды, составляющих единое целое и используемых для взаимосвязи оконечных систем.

Промежуточная система ИС (Intermediate system IS) — абстрактное представление реальной системы (или ее части), выполняющей транслирующую функцию на сетевом уровне.

Оконечная система ОС (End system ES) — абстрактное представление реальной системы (или ее части), выполняющей полный набор функций ВОС по обмену данными (реализующая все семь уровней базовой эталонной модели ВОС).

Маршрутизация (Routing) — процесс определения маршрута следования (т. е. последовательности промежуточных систем) блоков данных по сети между двумя оконечными системами (отправителем и получателем).

Трансляция (Relay) — процесс приема и последующей передачи по заданному маршруту сервисных блоков данных сети (СБДС).

Пакет (Packet) — протокольный блок данных сетевого уровня в рекомендации МККТТ X.25.

Протокол пакетного уровня ППУ (Packet level protocol PLP) — протокол сетевого уровня МККТТ, определенный в рекомендации X.25 МККТТ и стандарте МОС 8208.

Шлюз (Gateway) — сопрягающий модуль, обеспечивающий сопряжение ЛВС с глобальной сетью преобразованием протоколов трех нижних уровней.

Точка доступа к услугам сети ТДУС (Network service access point NSAP) — абстрактная точка взаимодействия протокольных логических объектов сетевого и транспортного уровней.

Сетевой адрес СА (Network address NA) — адрес точки доступа к услугам сети (иногда используется для идентификации точки подключения реальной системы к сети, а также для идентификации стыка ООД/АКД).

Регион (Domain) — часть адресного пространства, находящаяся под единым управлением и имеющая однородную структуру.

## 10.1.2. Функции и структура сетевого уровня

В соответствии с базовой эталонной моделью ВОС к основным функциям сетевого уровня относятся:

- маршрутизация и ретрансляция сетевых сервисных блоков данных (СБДС);
- сегментация и блокирование СБДС;
- поддержка соединений сетевого уровня;
- мультиплексирование соединений сетевого уровня в соединения УЗД;
- обнаружение ошибок и восстановление при ошибках;
- управление потоком данных и передача вне очереди срочных данных;
- управление работой уровня.

Специфика сетевого уровня состоит в том, что он является верхним уровнем СПД. Сетевые услуги – это межоконечные услуги, делающие промежуточное оборудование невидимым для транспортного и других верхних уровней. Они не должны также зависеть от технологии СПД и вида сети (локальная или глобальная). Отсюда вытекает еще одна важная функция сетевого уровня – обеспечение взаимосвязи между

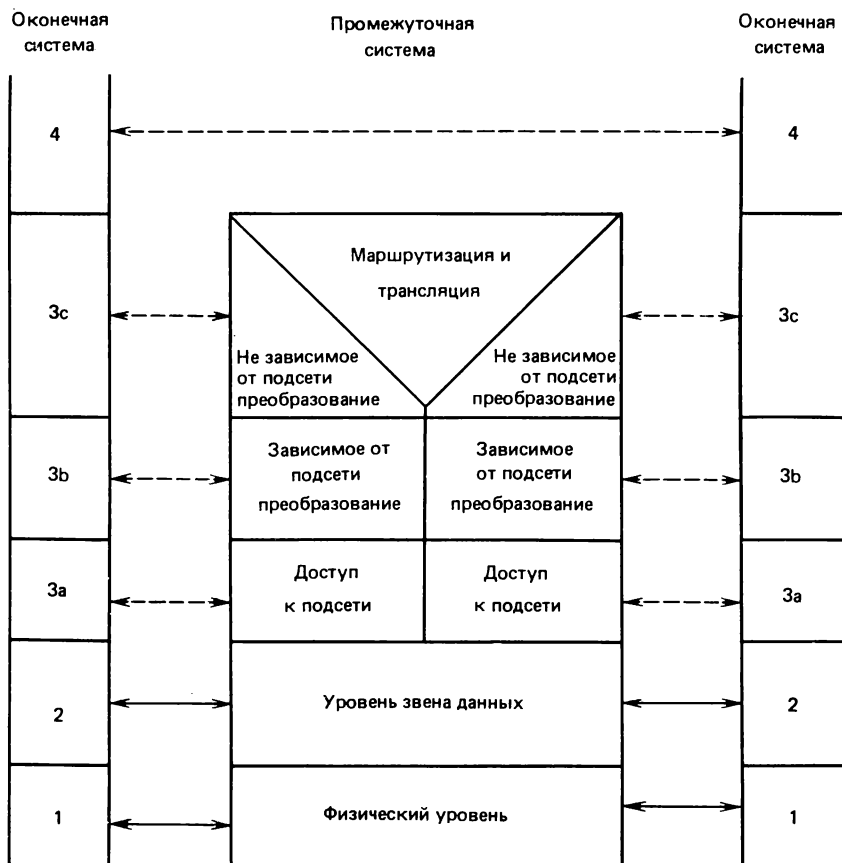


Рис. 10.1. Внутренняя структура сетевого уровня

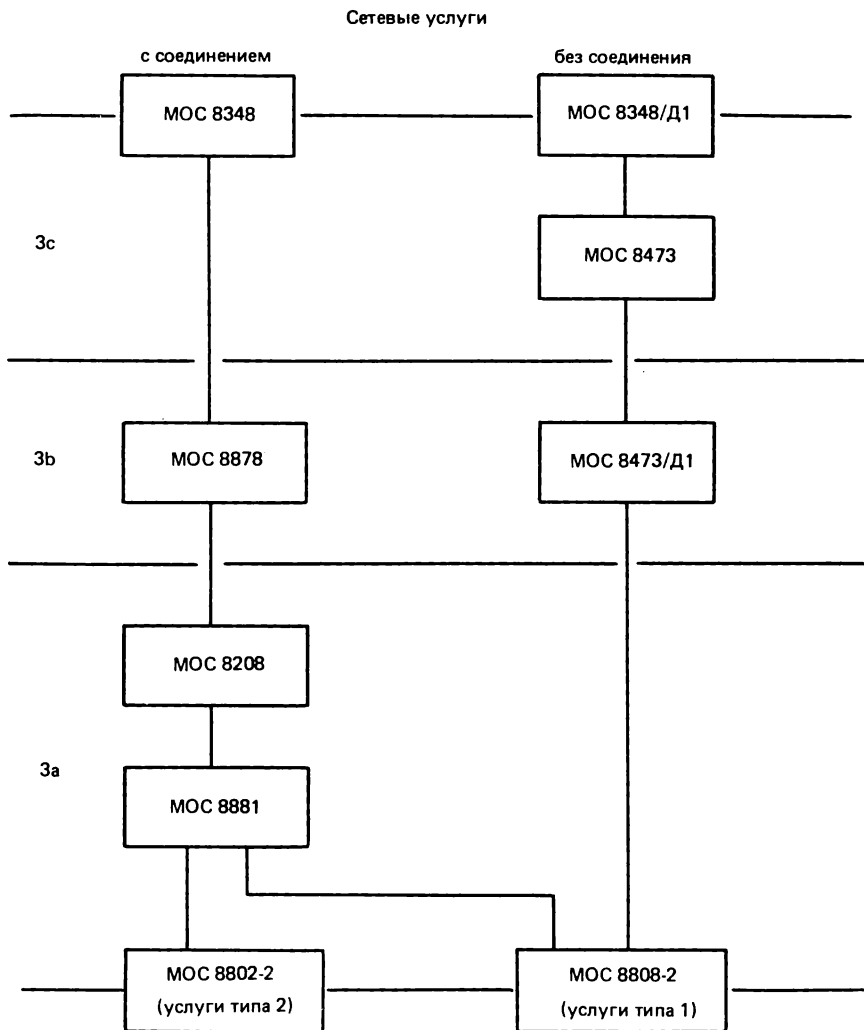


Рис. 10.2. Роль стандартов МОС в структуре сетевого уровня ЛВС

СПД различного типа (например, с коммутацией пакетов, с коммутацией каналов, ЛВС, ЦСИО). Следовательно, для обеспечения независимости верхних уровней от типа СПД необходимо определить единые услуги сетевого уровня. В рамках ВОС такие услуги, ориентированные на соединения, определены стандартом МОС 8348, а услуги без установления соединения – дополнением 1 к этому стандарту.

В то же время многие СПД, разработанные до появления этого стандарта, не обеспечивают в полном объеме определенные в нем сетевые услуги. Для облегчения взаимосвязи таких СПД и использования их в рамках ВОС, а также для упрощения и сокращения числа протоколов стандартом МОС 8648 определена внутренняя структура сетевого уровня в виде трех подуровней (рис. 10.1). Структура сетевого уровня отражает также задачу последовательного соединения реальных СПД, обладающих



различными характеристиками, в глобальную сеть со стандартными сетевыми услугами ВОС.

Подуровень доступа к подсети обеспечивает специфичные для данной подсети сетевые услуги, которые в общем случае не совпадают с сетевыми услугами ВОС. Подуровень независимого от подсети преобразования обеспечивает стандартные сетевые услуги ВОС (МОС 8348 и дополнение 1 к нему) на основе гипотетических услуг подсети, не зависящих от типа СПД и ее характеристик. Средний подуровень зависимого от подсети преобразования согласует услуги, обеспечиваемые подуровнем доступа к подсети, со стандартными услугами подсети, требующимися для работы верхнего подуровня. Таким образом, уровень услуг постепенно поднимается от услуг СПД (подсети) до глобальных сетевых услуг ВОС.

Подобное деление сетевого уровня на три подуровня носит планирующий (для достижения сетевых услуг ВОС), а не функциональный характер и не задает разделения функций сетевого уровня по подуровням, а также стандартных интерфейсов (услуг) между подуровнями. Некоторые сетевые протоколы могут выполнять задачи двух или всех трех подуровней. В других случаях, наоборот, несколько протоколов выполняют задачи одного подуровня. В качестве примера на рис. 10.2. показана роль протоколов МОС в обеспечении сетевых услуг ВОС для ЛВС.

На логические объекты сетевого уровня промежуточных систем возлагается основная задача сетевого уровня — определение маршрутов следования СБДС по сетевым адресам получателя и отправителя, а также трансляция этих СБДС по вычисленному маршруту. Эти задачи выполняет специальный компонент верхнего подуровня сетевого уровня, изображенный на рис. 10.1 в виде треугольника.

### 10.1.3. Адресация на сетевом уровне

В примитивах услуг сетевого уровня фигурируют адресные параметры, которые представляют собой уникальные сетевые адреса. Для обеспечения уникальности сетевые адреса должны подчиняться глобальной схеме адресации, принципы которой определены дополнением 2 к стандарту МОС 8348, а также рекомендацией МККТТ X.121.

Структура сетевого адреса в соответствии с МОС основана на концепции иерархически адресуемых регионов, внутри которых действуют единые адресные соглашения. Адрес должен состоять из двух частей (рис. 10.3): адреса первичного региона АПР (самый верхний уровень иерархии регионов) и внутрирегионального адреса (ВРА), который, в свою очередь, может иметь собственную структуру, отражающую дальнейшую иерархию регионов.

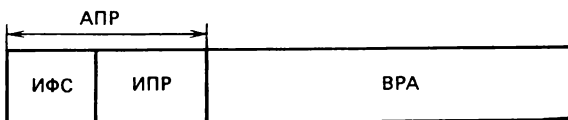


Рис. 10.3. Общая структура сетевых адресов:

АПР — адрес первичного региона; ВРА — внутрирегиональный адрес; ИПР — идентификатор первичного региона; ИФС — идентификатор формата и синтаксиса

Адрес первичного региона должен состоять из двух полей: идентификатора формата и синтаксиса (ИФС) и идентификатора первичного региона (ИПР). Первый определяет как формат, так и абстрактный синтаксис ВРА. При локальной схеме адресации (т. е. в рамках одной подсети), которая определяется значением ИФС в диапазоне 48 . . . 51, поле ИПР отсутствует, а при глобальной адресации ИПР указывает адресный регион, подчиняющийся правилам МОС или МККТТ.

Если при глобальной адресации значение ИФС равно 36, то ИПР содержит адрес, отвечающий рекомендации МККТТ X.121, который может иметь одну из следующих форм:

код страны + национальный номер;  
идентификатор страны + идентификатор общей сети внутри страны + номер терминала в сети (или идентификатор частной сети);  
8 + международный номер телекса;  
9 + международный телефонный номер.

В ЛВС принята двухуровневая адресация на уровне УЗД: адреса УДС и адреса ТДУЗ. Адреса УДС содержатся во всех кадрах УДС и определяют уникальные адреса станций ЛВС. Они транслируются через интерфейс УДС — УЛЗ и УЛЗ — СУ в виде параметров примитивов и используются логическими объектами сетевого уровня для целей маршрутизации.

Адреса ТДУЗ являются частью протокола УЛЗ и указывают на протокольные логические объекты сетевого уровня, участвующие в данном сеансе связи. Эти адреса передаются в примитивах УЛЗ через интерфейс УЛЗ — СУ и могут использоваться сетевым уровнем для идентификации оконечной точки сетевого соединения. Учитывая независимость процедур УЛЗ типов 1 и 2, существующий формат адресов ТДУЗ позволяет адресовать 127 + 127 ТДУЗ.

Несмотря на возможность групповой и глобальной адресации УДС и ТДУЗ, отражающей специфику ЛВС, их использование для многоадресной передачи в существующих протоколах сетевого уровня крайне ограничено, что не позволяет реализовать в полной мере преимущества широковещательного способа передачи в ЛВС. Кроме того, расширенная адресация на УЗД в ЛВС позволяет уменьшить объем адресной информации в сетевых ПБД, что также не используется в существующих сетевых протоколах. Все это объясняется тем, что сетевые протоколы разрабатывались для глобальных сетей в то время, когда ЛВС еще не существовали как класс вычислительных сетей.

## 10.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ЛВС СЕТЕВЫХ УСЛУГ С УСТАНОВЛЕНИЕМ СОЕДИНЕНИЯ

### 10.2.1. Протокол пакетного уровня X.25

Протокол пакетного уровня (ППУ), определенный в рекомендации X.25 и стандарте МОС 8208, — в настоящее время наиболее распространенный протокол сетевого уровня. Стандарт МОС 8881 определяет использование ППУ в ЛВС, согласуя с его требованиями услуги УЛЗ ЛВС. При этом могут использоваться услуги УЛЗ, обеспечиваемые процедурами типа 1 или типа 2. Использование ППУ X.25 совместно с МОС 8878 и МОС 8881 (см. рис. 10.2) позволяет получать в ЛВС стандартные сетевые услуги ВОС с установлением соединения, а также подключать к станциям ЛВС терминалы, реализующие средство сборки/разборки пакетов (СРП) в соответствии с рекомендациями МККТТ X.3, X.28, X.29.

При использовании в ЛВС X.25 ППУ должен работать в режиме ООД — ООД из-за отсутствия между станциями ЛВС сети коммутации пакетов. Поэтому станция ЛВС должна создавать и поддерживать по одному логическому объекту пакетного уровня для каждого интерфейса ООД — ООД (т. е. для каждой станции ЛВС, с которой поддерживается сетевое соединение). Внутри станции ЛВС эти протокольные логические объекты идентифицируются адресом УДС удаленной станции ЛВС, а интерфейс ООД — ООД идентифицируется парой адресов УДС станций ЛВС, образующих этот интерфейс.

Протокол пакетного уровня X.25 обеспечивает услуги виртуальных соединений и постоянных виртуальных каналов. Для обеспечения сетевых услуг ВОС в настоящее время используются только виртуальные соединения. Администрация ЛВС должна определить диапазоны номеров логических каналов, используемых под виртуальные соединения. Таким образом, каждый логический объект ППУ может поддерживать несколько виртуальных соединений.

При использовании услуг УЛЗ типа 2 (с установлением соединения) станция ЛВС перед началом установления виртуального соединения на сетевом уровне должна

инициировать установление соединения на уровне УЛЗ (примитивом ЗД\_СОЕДИНИ\_НИЕ.запрос), если оно еще не установлено. Неиспользуемое соединение УЛЗ (через которое не работает и не устанавливается ни один виртуальный канал) может быть разорвано любой из двух станций ЛВС.

Размер окна передачи для процедур УЛЗ типа 2 при работе через них ППУ рекомендуется устанавливать равным 7.

Сразу после установления соединения на уровне УЛЗ происходит распределение ролей между взаимодействующими логическими объектами ППУ в соответствии с Х.25 (МОС 8208). Одному из них присваивается роль ООД, другому – АКД, что в дальнейшем сказывается при установлении виртуального соединения, выборе номера логического канала и разрешении конфликтов, обусловленных столкновением виртуальных вызовов.

При использовании услуг УЛЗ типа 1 (без установления соединения) распределение ролей происходит перед началом установления виртуального соединения на сетевом уровне посредством условного номера в соответствии с дополнением 1 к МОС 8208.

В табл. 10.1 приведены значения тайм-аутов и счетчиков, используемых в ППУ Х.25 при работе с процедурами УЛЗ типов 1 и 2.

В МОС 8881 приведен список факультативных средств Х.25 ППУ, которые могут применяться при работе через ЛВС. К ним относятся:

- динамическая регистрация факультативных средств;
- расширенная нумерация пакетов;
- односторонние исходящие логические каналы;
- односторонние входящие логические каналы;
- нестандартные рекомендуемые размеры пакета;
- нестандартные рекомендуемые размеры окна;
- назначение рекомендуемых классов пропускной способности;
- согласование параметра управления потоком;
- согласование класса пропускной способности;
- быстрая выборка;
- выбор и индикация транзитной задержки;
- расширение адреса вызываемого ООД;
- расширение адреса вызывающего ООД;
- согласование минимального класса пропускной способности;
- согласование межоконечной транзитной задержки;
- согласование возможности передачи срочных данных.

В дополнение к перечисленным факультативным средствам могут использоваться средства запрета входящих вызовов, запрета исходящих вызовов и приемлемости быстрой выборки.

Таблица 10.1

#### Рекомендуемые параметры ППУ Х.25 при работе через ЛВС

Параметр	Значение параметра, с		
	УЛЗ типа 1	УЛЗ типа 2	Сеть Х.25
T20 (тайм-аут ответа на запрос рестарта)	1,0	30,0	180
T21 (тайм-аут ответа на запрос соединения)	1,0	30,0	200
T22 (тайм-аут ответа на запрос сброса)	1,0	30,0	180
T23 (тайм-аут ответа на запрос разъединения)	1,0	30,0	180
T24 (тайм-аут передачи состояния окна)	1,5	60,0	60
T25 (тайм-аут поворота окна)	2,0	200	200
T26 (тайм-аут ответа на прерывание)	1,0	30,0	180
T28 (тайм-аут ответа на запрос регистрации)	1,0	30,0	300

Стандарт МСХ 8881 предусматривает некоторое использование на сетевом уровне широкополосных возможностей ЛВС, предоставляемых процедурами УЛЗ типа 1. Например, допускается передача пакетов "запрос соединения" и "запрос рестарта" с глобальным адресом ООД (УДС). Эта возможность может быть использована в случае, когда вызывающий ООД не знает адреса вызываемого ООД (т. е. адреса УДС той станции ЛВС, к которой он подключен), а знает только адрес его ТДУС, либо в случае сброса всех виртуальных соединений, поддерживаемый некоторой станцией ЛВС.

### 10.2.2. Сетевой протокол ЕСМА для ЛВС

В документе ЕСМА ТК32—РГ7/85/18 [21] содержится описание разрабатываемых услуг и протокола, ориентированных на соединение и предназначенных специально для ЛВС. Цель разработки такого документа, с одной стороны, использовать преимущества ЛВС, а, с другой стороны, сохранить совместимость с сетевыми услугами ВОС и, кроме того, в случае выхода ЛВС на СПД общего пользования (Х.25, Х.21, ЦСИО) сохранить возможности, обеспечиваемые этими СПД. Исходя из этих целей сетевые услуги ЛВС должны обеспечивать:

- виртуальное соединение;
  - глобальную адресацию и передачу данных пользователя в процессе соединения;
  - передачу данных, управление потоком и целостность СБДС;
  - передачу срочных данных;
  - сброс сетевых соединений с указанием причины;
  - разъединение сетевых соединений с указанием причины;
  - факультативные средства пользователя в случае выхода на глобальные СПД общего пользования;
  - квалификационные данные.
- В отличие от сетевых услуг МОС эти услуги дополнительно поддерживают:
- бит квалификатора, как в ППУ Х.25;
  - дополнительный параметр "шлюз" в примитивах соединения, что дает возможность пользователю явно выбирать нужный шлюз к глобальной сети;
  - выбор телематической службы при выходе на ЦСИО.
- Однако, в отличие от услуг МОС, здесь не обеспечивается:
- согласование качества услуг во время установления соединения;
  - согласование возможности передачи срочных данных (считается, что ЛВС всегда обеспечивает передачу срочных данных);
  - согласование режима с подтверждением приема данных как необеспечиваемого в ЛВС.

В остальном сетевые услуги ЕСМА для ЛВС мало отличаются от сетевых услуг ВОС с установлением соединения (МОС 8348).

Особенностью сетевого протокола ЛВС ЕСМА является одновременное использование процедур УЛЗ обоих типов (в отличие от МОС 8881, где используются процедуры либо типа 1, либо типа 2). Здесь же процедуры УЛЗ типа 1 используются для установления, сброса и разъединения сетевого соединения, а процедуры УЛЗ типа 2 — только для передачи нормального потока данных. Следовательно, работу такого протокола должны обеспечивать логические объекты УЛЗ класса II, реализующие процедуры обоих типов.

## 10.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ЛВС СЕТЕВЫХ УСЛУГ БЕЗ УСТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЯ

### 10.3.1. ПРОТОКОЛ МОС

Для обеспечения в ЛВС сетевых услуг ВОС без установления соединения, соответствующих МОС 8348/ДОП.1, стандарт МОС 8880-3 предусматривает профиль, изображенный на рис. 10.2. В стандарте МОС 8473 описан протокол сетевого уровня, обеспе-

## Стандартные услуги подсети

Примитив	Параметры	Примитив	Параметры
ПС_БЛОК_ДАННЫХ.запрос	Пс_адрес_отправителя Пс_адрес_получателя Пс_качество_услуги Пс_данные	ПС_БЛОК_ДАННЫХ.индикация	Пс_адрес_отправителя Пс_адрес_получателя Пс_качество_услуги Пс_данные

чивающий сетевые услуги без установления соединения, а также функции зависимо-го от подсети преобразования для ЛВС и сетей X.25. Эти функции отображают услуги, предоставляемые процедурами УЛЗ типа 1 ЛВС (см. табл. 2.2 и 2.3), в услуги подсети, требуемые для работы протокола МОС 8473 (табл. 10.2).

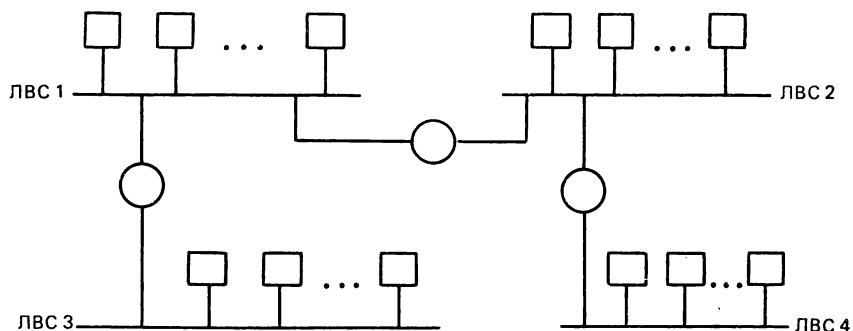
Это отображение заключается в следующем. Выдача сетевым протоколом примитива ПС\_БЛОК\_ДАННЫХ.запрос приводит к выдаче примитива ЗД\_БЛОК\_ДАННЫХ.запрос в УЛЗ. И наоборот, прием от УЛЗ примитива ЗД\_БЛОК\_ДАННЫХ.индикация вызывает выдачу наверх примитива ПС\_БЛОК\_ДАННЫХ.индикация.

Адреса, используемые в примитивах ПС\_БЛОК\_ДАННЫХ, должны состоять из шестioктетного адреса УДС (адрес станции) и однооктетного адреса ТДУЗ. Для работы сетевого протокола МОС 8473 нижние уровни должны пропускать СБД размером 512 байт. И если УЛЗ ЛВС не налагает никаких ограничений на длину СБД, то некоторые протоколы УДС ограничивают их длину до 128 байт. Таким образом, УДС тех ЛВС, которые будут работать совместно с сетевым протоколом МОС 8473, должны поддерживать СБД длиной не менее 512 байт.

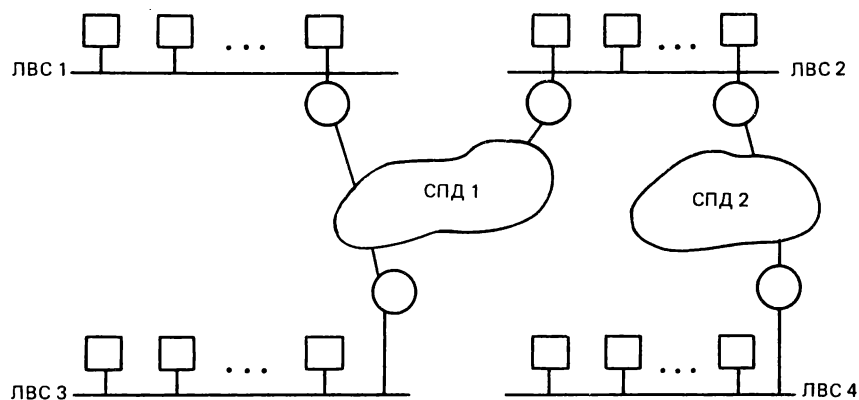
## 10.3.2. Протокол ЕСМА

Стандарт ЕСМА-92 появился значительно раньше (1983 г.) аналогичного стандарта МОС 8473 (1987 г.). Его основная цель — обеспечить возможность объединения СПД разных типов на основе универсальных сетевых услуг МОС без установления соединения, в том числе объединения нескольких ЛВС в единую сеть — непосредственно (рис. 10.4, а) либо через глобальную СПД (рис. 10.4, б). В отличие от МОС 8473 в ЕСМА-92 не описаны функции отображения услуг УЛЗ на услуги подсети. По существу протокол ЕСМА-92 является независимым от подсети согласующим протоколом, обеспечивающим сетевые услуги МОС (табл. 10.3) на основе стандартных услуг подсети (см. табл. 10.2). Кроме того, для частного случая — взаимосвязи ЛВС — определено упрощенное подмножество сетевого протокола с упрощенной структурой межсетевого протокольного блока данных (ПБДМС), показанного на рис. 10.5. В этом случае также не используются функции сегментирования/сборки, обнаружения ошибок в заголовке ПБДМС и другие факультативные функции ЕСМА-92.

Данные пользователя и служебная информация протокола передаются в ПБДМС типа "данные" (см. рис. 10.5). Предусмотрена возможность ограничения времени существования передаваемого ПБДМС с помощью поля "время существования ПБДМС", которое устанавливается в нужное значение отправителем этого ПБДМС. Далее сетевые логические объекты, через которые он транслируется, уменьшают его значение на величину задержки ПБДМС и по достижении нулевого значения уничтожают его.



а)



б)



станция ЛВС



шлюз

Рис. 10.4. Взаимосвязь ЛВС через шлюзы

Таблица 10.3

**Сетевые услуги ВОС без установления соединения**

Примитив	Параметры	Примитив	Параметры
С_БЛОК_ДАННЫХ.запрос	С_адрес_отправителя С_адрес_получателя С_качество_услуги С_данные	С_БЛОК_ДАННЫХ.индикация	С_адрес_отправителя С_адрес_получателя С_качество_услуги С_данные

Номер октета	Бит 1	...	Бит 8
1	Идентификатор протокола сетевого уровня		
2	Индикатор длины заголовка		
3	Версия протокола		
4	Время существования ПБДМС		
5	Тип ПБДМС	СР	ДС
6	Длина ПБДМС		
7			
8	Зарезервировано для функции обнаружения ошибок в заголовке		
9			
10	Индикатор длины адреса получателя		
11	Адрес получателя		
:			
:			
22			
23	Индикатор длины адреса отправителя		
24	Адрес отправителя		
:			
:			
35			
36	Данные		
:			
:			
XX			

Рис. 10.5. Формат межсетевого ПБД (ПБДМС) для ЛВС:  
ДС — флаг "дополнительные сегменты"; СР — флаг "сегментация разрешена"

## 10.4. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛВС С ГЛОБАЛЬНЫМИ СЕТЯМИ (ШЛЮЗЫ)

### 10.4.1. Общие принципы

Взаимосвязь между СПД различного типа согласно архитектуре ВОС осуществляется на сетевом уровне посредством сопрягающего модуля, выполняющего роль промежуточной системы. В случае сопряжения ЛВС с глобальными сетями такой сопрягающий модуль чаще называется шлюзом (рис. 10.6).

Шлюз, как и любой другой сопрягающий модуль, представляет собой транслятор сетевого уровня. Он содержит протокольные логические объекты уровней 1 . . . 3 и собственно транслятор, осуществляющий функции маршрутизации и трансляции. Строго говоря, именно транслятор следовало бы называть шлюзом, поскольку в нем реализуются все функции сопряжения ЛВС с глобальной сетью. К этим функциям относятся:

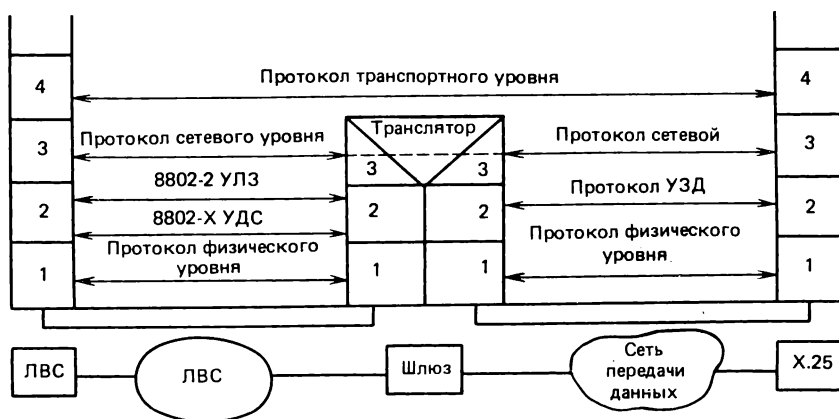


Рис. 10.6. Архитектурные функции шлюза ЛВС

преобразование некоторых параметров в транслируемых сетевых СБД;  
 преобразование адресов в транслируемых сетевых СБД;  
 согласование размеров СБД, установленных в каждой сети, путем их дробления или объединения;  
 синхронизация процедур установления, освобождения и сброса сетевых соединений в ЛВС и в глобальной сети, если требуются сетевые услуги с установлением соединения;  
 согласование механизмов управления потоком в обеих сетях;  
 поддержка дополнительных (факультативных) средств пользователя.

Ниже эти функции рассматриваются подробнее на примере шлюзов ЛВС с сетями коммутации пакетов (Х.25) и коммутации каналов (Х.21/Т.70). Эти шлюзы описаны в документе ЕСМА [21] в предположении, что на сетевом уровне в ЛВС применяются протокол и услуги, определенные в этом же документе (см. 10.2.2.).

#### 10.4.2. Шлюз ЛВС-Х.25

Шлюз ЛВС-Х.25, определяемый в документе ЕСМА [21], согласовывает сетевые услуги ЛВС с установлением соединения с сетевыми услугами, обеспечиваемыми ППУ Х.25. Поскольку в этом случае и в ЛВС, и в сети Х.25 используются сетевые протоколы с установлением соединения и основанные на принципе коммутации пакетов, задачи шлюза значительно упрощаются.

С точки зрения ЛВС шлюзы являются ее станцией, и для каждого пользователя сетевых услуг, получающего доступ к глобальной сети, в шлюзе создается соответствующая ТДУС. С точки зрения сети Х.25 шлюз представляет собой ООД, и каждому сетевому соединению ЛВС-Х.25 соответствует виртуальное соединение на стыке шлюз-сеть Х.25.

Функции шлюза задаются взаимным отображением между событиями и параметрами ППУ Х.25, с одной стороны, и сетевыми примитивами с их параметрами, с другой стороны. Шлюз выполняет также взаимное преобразование диагностических кодов, передаваемых в пакетах Х.25, и параметров "причина" и "инициатор" сетевых примитивов. Кроме того, шлюз проверяет соблюдение некоторых ограничений (вводимых, например, при невозможности обеспечить некоторые услуги в другой сети) обеими сторонами и при попытке их нарушения посылает отрицательный ответ источнику запроса с указанием причины.



### 10.4.3. Шлюз ЛВС-Х.21/Т.70

Кроме шлюза ЛВС-Х.25 в указанном же документе ЕСМА описан шлюз ЛВС-Х.21/Т.70. Под Х.21/Т.70 понимается СПД с коммутацией каналов, процедуры установления соединения в которой соответствуют рекомендации МККТТ Х.21 и реализована минимальная функциональность сетевого уровня для телематических служб в соответствии с рекомендацией МККТТ Т.70. Шлюз ЛВС-Х.21/Т.70 устанавливает и поддерживает соответствие между сетевым соединением ЛВС-шлюз и сетевым соединением по коммутируемому каналу шлюз-абонент Х.21.

Шлюз ЛВС-Х.21/Т.70 аналогично шлюзу ЛВС-Х.25 обеспечивает взаимное соответствие между событиями и параметрами сетевого уровня сети Х.21/Т.70, с одной стороны, и сетевыми примитивами ЛВС и их параметрами, с другой стороны, а также между сигналами обработки вызова Х.21 и параметрами "источник" и "причина" сетевых примитивов. Однако вследствие различных принципов коммутации в ЛВС и в сетях Х.21 (коммутация пакетов и коммутация каналов) может быть задано несколько типов такого отображения, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками. Адекватного преобразования добиться в этом случае невозможно, поэтому в документе ЕСМА выбран один из способов преобразования, обеспечивающий наибольшее соответствие между ЛВС и сетью Х.21/Т.70.

## Приложение

### **ПЕРЕЧЕНЬ международных стандартов и проектов международных стандартов (ПМС) по локальным вычислительным сетям**

#### **Стандарты Международной организации по стандартизации (МОС)**

ПМС 2382/25. Обработка информации. Словарь терминов. Часть 25. Локальные вычислительные сети (ЛВС)

ПМС 8802-1. Системы обработки информации (СОИ). ЛВС. Часть 1. Введение

МОС 8802-2. СОИ. ЛВС. Часть 2. Управление логическим звеном

ПМС 8802-2/Доп 1. СОИ. ЛВС. Часть 2. Управление логическим звеном. Дополнение 1. Процедуры типа 3

ПМС 8802-2-Доп 2. СОИ. ЛВС. Часть 2. Управление логическим звеном. Дополнение 2. Управление потоком во взаимосвязанных ЛВС

МОС 8802-3. СОИ. ЛВС. Часть 3. Коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов. (CSMA/CD). Метод доступа и спецификация физического уровня

ПМС 8802-3/Доп 1. СОИ. ЛВС. Часть 3. Коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD). Дополнение 1. Модуль подключения к среде и спецификация физической среды для основной полосы частот 10BASE2

ПМС 8802-3/Доп 2. СОИ. ЛВС. Часть 3. Коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD). Дополнение 2. Набор повторителей и спецификация повторителя для использования с сетями типа 10BASE5 и 10BASE2

ПМС 8802-3/Доп 3. СОИ. ЛВС. Часть 3. Коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD). Дополнение 3. Модуль подключения к широкополосной среде и спецификация физической среды, тип 10BROAD36

ПМС 8802-3/Доп 4. СОИ. ЛВС. Часть 3. Коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD). Дополнение 4. Модуль подключения к среде и спецификация физической среды для основной полосы частот, тип 5BASE1

МОС 8802-4. СОИ. ЛВС. Часть 4. Метод доступа к шине с передачей маркера и спецификация физического уровня

ПМС 8802-5. СОИ. ЛВС. Часть 5. Метод доступа к кольцу с передачей маркера и спецификация физического уровня

МОС 8802-7. СОИ. ЛВС. Часть 7. Метод тактированного доступа к кольцу и спецификация физического уровня

МОС 8881. СОИ. Передача данных. Использование протокола пакетного уровня X.25 в локальных вычислительных сетях

ПМС 9314-1. СОИ. Интерфейс волоконно-оптической распределенной сети данных. FDDI. Часть 1. Протокол физического уровня

ПМС 9314-2. СОИ. Интерфейс волоконно-оптической распределенной сети данных FDDI. Часть 2. Управление доступом к среде

ПМС 9314-3. СОИ. Интерфейс волоконно-оптической распределенной сети данных FDDI. Часть 3. Протокол физического уровня зависимый от среды

### **Стандарты Европейской ассоциации производителей вычислительных машин (ЕСМА)**

ЕСМА-80. ЛВС. Коллективный доступ с опознаванием несущей, обнаружением конфликтов (CSMA/CD) и передачей в основной полосе частот. Система коаксиального кабеля

ЕСМА-81. ЛВС. Коллективный доступ с опознаванием несущей, обнаружением конфликтов (CSMA/CD) и передачей в основной полосе частот. Физический уровень

ЕСМА-82. ЛВС. Коллективный доступ с опознаванием несущей, обнаружением конфликтов (CSMA/CD) и передачей в основной полосе частот. Уровень звена данных

ЕСМА-89. Метод доступа к кольцу с передачей маркера

ЕСМА-90. Метод доступа к шине с передачей маркера

ЕСМА-92. Межсетевой протокол без установления соединения

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. IEEE (1981). Local Networks. Standards Committee Functional Requirements Document, Version 5.4. — 1981, October.
2. **Флинт Д.** Локальные сети ЭВМ: архитектура, принципы построения, реализация. — М.: Финансы и статистика, 1986. — 359 с.
3. **Ги К.** Введение в локальные вычислительные сети. — М.: Радио и связь, 1986. — 176 с.
4. **Горностаев Ю. М., Дрожжинов В. И., Сумароков Л. Н.** Локальные вычислительные сети: принципы построения, области применения, направление стандартизации. Методические материалы и документация по пакетам прикладных программ. Локальные вычислительные сети: Опыт международной стандартизации. — М.: МЦНТИ, 1984. — Вып. 27. — С. 3 — 52.
5. **Sazegari S.** Metropolitan Networking. Theory and Practice//Data Communications. — 1983, May. — p. 99 — 113.
6. **Бойченко Е. В., Кальфа В., Овчинников В. В.** Локальные вычислительные сети. — М.: Радио и связь, 1985. — 304 с.
7. **Thurber K. Y. and Freeman H. A.** The Many Faces of Local Networking//Data communications. — 1981, Dec. — P. 62 — 70.
8. **Иванов В. В., Мячев А. А.** Интерфейсы вычислительных систем на базе мини- и микроЭВМ. — М.: Радио и связь, 1986. — 248 с.
9. **МОС 7498.** Системы обработки информации. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель.

10. **Самойленко С. И.** Интервально-маркерный множественный метод доступа. — Препринт. — Москва, 1983.
11. **ISO/IEC JTC1 № 84** USSR Proposal for a New Work Item: Information Processing System. Local Area Networks. Time-Token Access Method. 23.10.1987.
12. **Мячев А. А., Степанов В. Н., Щербо В. К.** Интерфейсы систем обработки данных. — М.: Радио и связь, 1989, — 416 с.
13. **ANSI/IEEE Std. 770X3.97—1983**, IEEE Standard Pascal Computer Programming Language.
14. **Грогоно П.** Программирование на языке Паскаль: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 382 с.
15. **Вегнер П.** Программирование на языке Ада: Пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — 240 с.
16. **Пайл Я.** Ада — язык встроенных систем: Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1984. — 238 с.
17. **ISO/TC97/SC6 № 4488**. MAC Layer Enhancement of ISO 8802-5. 1987-03-03-19 p.
18. **ISO/IEC JTC1/SC6 № 5103**. 16 Megabit per Second Specification for Token Ring Networks (ISO 8802-5). 1988-07-14-9 p.
19. **ISO/IEC JTC1/SC6 № 5101** Management Entity Specification for Token Ring (ISO 8802-5) Networks, 1988-07-14-9 p.
20. **Самойленко С. И.** Универсальный интервально-маркерный доступ. Проблемы МСНТИ. Спецвыпуск "Локальные вычислительные сети. Развитие международной стандартизации." — М.: МЦНТИ. — 1989.
21. **ЕСМА/TC32 — TG7/85/18**. Network Layer Specification for Local Area Network Layer Services and Protocols. Gateways LAN—X.21/T70, Febr. 1985.
22. **ISO/IEC JTC/SC6/WG1 № 193**. MAC Sublayer Interconnection (MAC Bridging) — Draft IEEE Standard 802.1: Part D. MAC Bridges. 1987-12-18. — 114 p.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие. . . . .	3
Список сокращений . . . . .	4
<b>РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛВС</b>	
1.1. Общие сведения . . . . .	8
1.2. Требования к ЛВС . . . . .	11
1.3. Конфигурации ЛВС . . . . .	12
1.4. Архитектура ЛВС . . . . .	16
1.5. Физическая среда . . . . .	18
1.6. Классификация ЛВС . . . . .	21
1.7. Международная стандартизация . . . . .	22
<b>РАЗДЕЛ 2. УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИМ ЗВЕНОМ</b>	
2.1. Общие сведения . . . . .	25
2.2. Спецификация услуг . . . . .	28
2.3. Типы и структура ПБДЗ . . . . .	39
2.4. Команды и ответы . . . . .	42
2.5. Формализованное описание протокола . . . . .	45
<b>РАЗДЕЛ 3. ШИНА СО СЛУЧАЙНЫМ ДОСТУПОМ</b>	
3.1. Общие сведения . . . . .	82
3.2. Протокол подуровня УДС . . . . .	85
3.3. Формализованное описание протокола и услуг УДС . . . . .	90
3.4. Услуги и протокол физического уровня . . . . .	103
3.5. Спецификация МСС и физической среды . . . . .	112
3.6. Принципы и пример построения сети . . . . .	125
<b>РАЗДЕЛ 4. ШИНА С МАРКЕРНЫМ ДОСТУПОМ</b>	
4.1. Общие сведения . . . . .	129
4.2. Услуги и протокол подуровня УДС . . . . .	131
4.3. Формализованное описание протокола УДС . . . . .	138
4.4. Услуги и протокол физического уровня и спецификация физической среды . . . . .	170
4.5. Принципы построения сетей . . . . .	177
<b>РАЗДЕЛ 5. КОЛЬЦО С МАРКЕРНЫМ ДОСТУПОМ</b>	
5.1. Общие сведения . . . . .	178
5.2. Услуги и протокол подуровня УДС . . . . .	180
5.3. Формализованное описание протокола УДС . . . . .	195
5.4. Характеристики физического уровня и физической среды . . . . .	207
5.5. Принципы и пример построения сети . . . . .	212

## **РАЗДЕЛ 6. КОЛЬЦО С ТАКТИРОВАННЫМ ДОСТУПОМ**

6.1. Общие сведения . . . . .	213
6.2. Услуги и протокол подуровня УДС . . . . .	216
6.3. Спецификация устройств сети . . . . .	220
6.4. Принципы и пример построения сети . . . . .	227

## **РАЗДЕЛ 7. ИНТЕРВАЛЬНО-МАРКЕРНЫЙ МЕТОД ДОСТУПА**

7.1. Общие сведения . . . . .	229
7.2. Описание протокола и определение услуг . . . . .	232
7.3. Структура и форматы кадров . . . . .	237
7.4. Особенности метода ИМД . . . . .	239

## **РАЗДЕЛ 8. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕЙСНАЯ ЛВС**

8.1. Общие сведения . . . . .	240
8.2. Услуги подуровня УДС и физического уровня . . . . .	242
8.3. Символы и кадры . . . . .	249
8.4. Протокол подуровня УДС . . . . .	252
8.5. Формализованное описание протокола УДС . . . . .	257
8.6. Протокол управления физической средой . . . . .	265
8.7. Подуровень ПФС и спецификация физической среды . . . . .	269

## **РАЗДЕЛ 9. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ЛВС (МОСТЫ УДС)**

9.1. Общие сведения . . . . .	275
9.2. Структура моста . . . . .	276
9.3. Услуги подуровня УДС в мостах . . . . .	280
9.4. Формат и кодирование ПБД мостов . . . . .	283
9.5. Алгоритм и протокол покрывающего дерева . . . . .	285
9.6. Управление мостами . . . . .	288

## **РАЗДЕЛ 10. ОСОБЕННОСТИ СЕТЕВОГО УРОВНЯ ВОС В ЛВС**

10.1. Общие сведения . . . . .	289
10.2. Обеспечение в ЛВС сетевых услуг с установлением соединения . . . . .	293
10.3. Обеспечение в ЛВС сетевых услуг без установления соединения . . . . .	295
10.4. Взаимосвязь ЛВС с глобальными сетями (шлюзы) . . . . .	298

<b>Приложение. Перечень международных стандартов и проектов</b>	
международных стандартов (ПМС) по локальным вычислительным сетям . . . . .	300
Список литературы . . . . .	301



