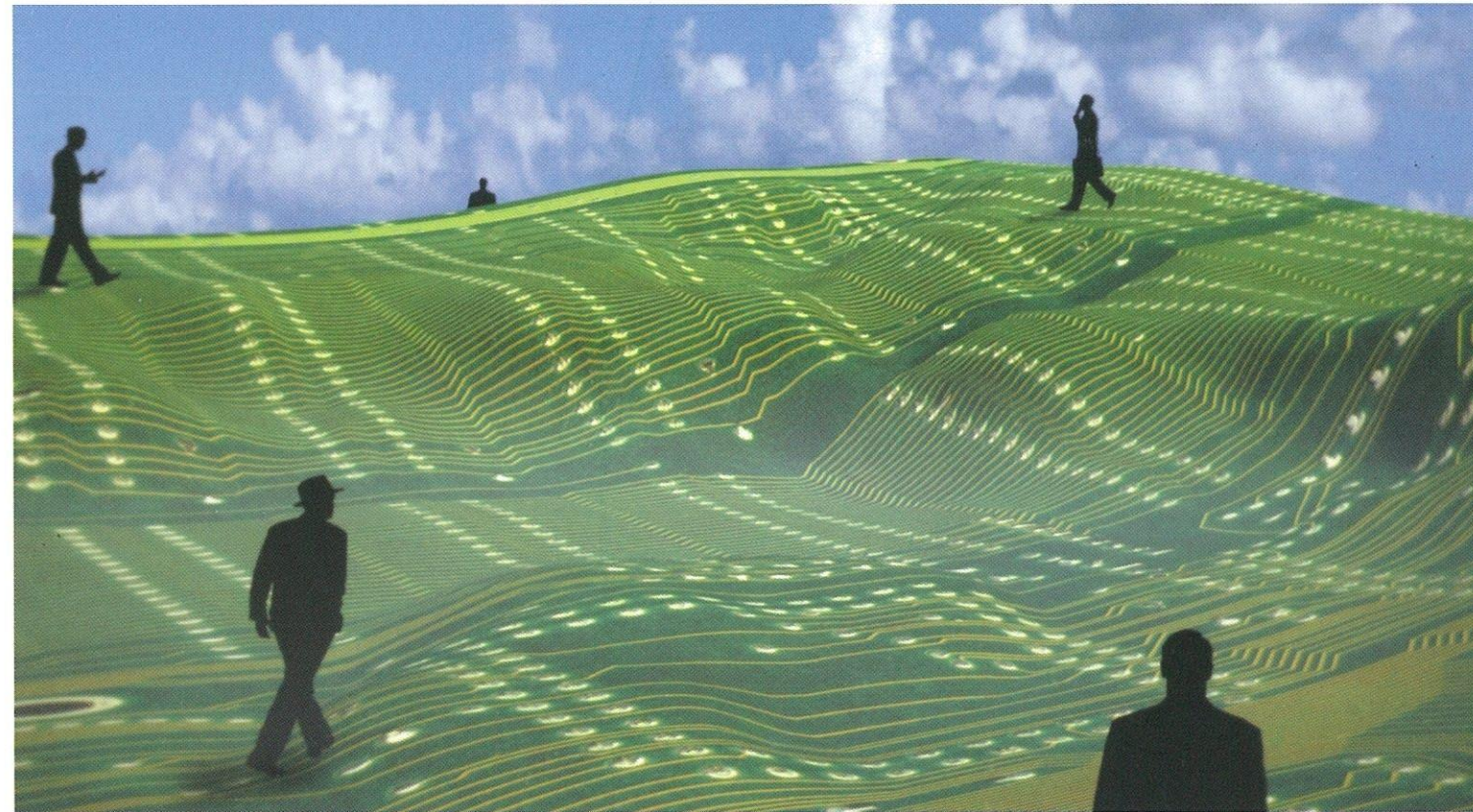


**В.А. Кудряшов**



# **Открытые информационные системы и сети**

**В.А. Кудряшов**

# **Открытые информационные системы и сети**

Рекомендовано  
Департаментом кадров и  
учебных заведений МПС России  
в качестве учебного иллюстрированного пособия  
для студентов вузов, техникумов и колледжей  
железнодорожного транспорта

Москва  
2001

УДК 681.518: 656.2  
ББК 32.96  
К 889

К 889

**Кудряшов В.А.**

**Открытые информационные системы и сети:** Учебное иллюстрированное пособие для студентов вузов, техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. - М.: УМК МПС России, 2001 - 43 с.

ISBN 5-89035-048-X

Альбом является иллюстративным пособием к учебникам "Передача дискретной информации на ж.-д. транспорте" и "Телекоммуникационные технологии на ж.-д. транспорте". Материал в нем разбит на три раздела: открытые информационные системы на основе модели ISO/OSI; открытые информационные сети с позиций модели МОС/ВОС; сетевые технологии и стандарты и их связь с эталонной моделью ВОС, которая является в настоящее время базовой для специалистов, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией сетей передачи данных.

Альбом предназначается студентам вузов, техникумов и колледжей железнодорожного транспорта, изучающих дисциплины, связанные с информатикой, а также может быть полезен специалистам по проектированию и эксплуатации телеграфной связи и передачи данных на железнодорожном транспорте.

УДК 681.518:656.2  
ББК 32.96

Р е ц е н з е н т ы: А.А. Черников (Департамент информатизации и связи МПС России);  
В.В. Яковлев (д-р техн.наук, профессор, зав. кафедрой "Электронные вычислительные машины" ПГУПСа);  
А.В. Паршин (доцент, зав. кафедрой "Связь" УрГУПСа)

ISBN 5-89035-048-X

© Кудряшов В.А., 2001  
© Учебно-методический кабинет МПС России, 2001



<b>ОБЩАЯ ЧАСТЬ</b> .....	4
<b>РАЗДЕЛ 1. ОТКРЫТЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ</b> .....	5
1.1. Принцип организации открытых систем (ОС).....	6
1.2. Архитектура открытых систем (АОС).....	7
1.3. Эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС).....	8
1.4. Структурирование уровней ЭМ ВОС.....	9
1.5. Взаимодействия в открытых системах.....	10
1.6. Механизм взаимодействия в открытых системах.....	11
1.7. Назначение уровней ЭМ ВОС.....	12
<b>РАЗДЕЛ 2. ОТКРЫТЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ</b> .....	13
2.1. Структура информационно-вычислительной сети (ИВС).....	14
2.2. Протоколы и интерфейсы в ИВС.....	15
2.3. Инкапсуляция данных по уровням ЭМ ВОС в ИВС.....	16
2.4. Методы коммутации и последовательность фаз работы сети.....	17
2.5. Концептуальная модель сети ПД-КП.....	18
2.6. Взаимодействие абонентских систем (АС) через сеть с разными методами коммутации.....	19
2.7. ИВС как система вложенных черных ящиков (ЧЯ).....	20
2.8. Логическое взаимодействие оконечных транспортных станций (ОТС) в сети.....	21
2.9. Управление в сети связи.....	22
2.10. Логическая структура узла коммутации сообщений и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях.....	23
2.11. Логическая структура узла коммутации каналов и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях.....	24
2.12. Логическая структура узла коммутации пакетов и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях.....	24
2.13. Узел коммутации сообщений с позиций ЭМ ВОС.....	25
2.14. Узел коммутации каналов с позиций ЭМ ВОС.....	26
2.15. Узел коммутации пакетов с позиций ЭМ ВОС.....	26
<b>РАЗДЕЛ 3. СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СТАНДАРТЫ</b> .....	27
3.1. Интерфейсы физического уровня.....	28
3.2. Классификация протоколов канального уровня.....	29
3.3. Основы протокола HDLC.....	30
3.4. Структура и типы кадров протокола HDLC.....	31
3.5. Взаимодействие двух комбинированных станций в сбалансированной конфигурации на звене.....	32
3.6. Технология коммутации пакетов X.25.....	33
3.7. Управление потоком методом "скользящего окна".....	34
3.8. Порядок работы сети ПД-КП по протоколу X.25.....	35
3.9. Динамика работы четырех нижних уровней ЭМ ВОС в сети.....	36
3.10. Динамика работы четырех нижних уровней ЭМ ВОС в сети (продолжение).....	37
3.11. Технологии локальных сетей.....	38
3.12. Технологии глобальных сетей.....	39
3.13. Технология АТМ.....	40
3.14. Ассоциативные системы (повторители, мосты, маршрутизаторы, шлюзы).....	41
3.15. Протоколы верхних уровней.....	42
3.16. Эволюция сетевых технологий.....	43



Настоящий альбом является наглядным пособием для изучения одного из разделов дисциплины "Передача дискретной информации на ж.-д. транспорте" студентами специализации 2107.02 "Системы передачи и распределения информации". Раздел курса охватывает материал, связанный с сетями передачи данных, и стандарты. Кроме того, этот материал необходим для специальности 0719.00 "Информационные системы" при изучении дисциплин "Открытые информационные системы и сети" и "Системы и сети передачи данных".

Альбом включает в себя материалы, относящиеся к основам передачи данных, связанных с изучением модели ISO/OSI (International Standard Organization/Open System Interconnection) или МОС/ВОС (Международная Организация Стандартов / Взаимодействие Открытых Систем) и ее применением в информационно-вычислительных сетях. Упомянутая модель определена стандартом МС № 7498 и Рекомендацией МСЭ-Т Х.200. Она является в настоящее время базовой при рассмотрении любых вопросов, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией сетей передачи данных, являясь концептуальной, терминологической и методологической ее основой.

Весь материал альбома разбит на три раздела:

- открытые информационные системы;
- открытые информационные сети;
- сетевые технологии и стандарты.

Первый раздел знакомит с основами построения модели ISO/OSI, понятиями и определениями, механизмами межуровневого и межсистемного взаимодействия. Вводится единая цветовая гамма для разметки уровней эталонной модели (цвета радуги), которая сохраняется в последующих частях.

Во втором разделе акцент ставится на объяснение технологии работы информационно-вычислительной сети с позиций модели МОС/ВОС. Подробнее поясняется принцип вложенности (инкапсуляции) информационных единиц уровней и взаимодействие смежных уровней как поставщика и потребителя сервиса. Рассматриваются три классических технологии в порядке их исторического появления: коммутация сообщений, коммутация каналов и коммутация пакетов. Делается обобщение и распространение положений концептуальной модели сети ПД-КП на представление сетевой эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС) как системы вложенных черных ящиков на другие методы коммутации. В результате появ-

ляется возможность рассмотреть логическое взаимодействие окончных транспортных станций и логической структуры узлов коммутации разных технологий. Узлы коммутации сообщений, каналов и пакетов при этом удастся представить логически единообразно, они отличаются лишь числом уровней, работающих внутри узла.

Третий раздел включает рассмотрение конкретных сетевых технологий и их привязку к эталонной модели взаимодействия открытых систем. Не все современные технологии полностью соответствуют ЭМ ВОС. Однако базовые понятия этой модели и основные принципы, заложенные в ней, сохраняются. И это важно при изучении уже существующих и будущих сетевых технологий.

Физический уровень и его стандарты практически единообразны в основных сетевых моделях. Это интерфейсы RS-232, V.24, X.21 и др. Канальный уровень имеет родовое начало в протоколе HDLC, а множество других протоколов этого уровня (LLC, LAP-B, LAP-X, LAP-D и др.) являются лишь его подмножествами. Протокол X.25 сетевого уровня является фундаментальным в семействе технологий пакетной коммутации. Оконное управление, в принципе, единообразно как на сетевом, так и на канальном уровне.

Здесь же представлена динамика работы четырех нижних уровней ЭМ ВОС (уровней сети связи) через последовательное прохождение стадий активизации, работы (включая случаи обнаружения и исправления ошибок) и деактивации.

Именно с этих позиций рассматриваются технологии локальных сетей (8802.3; 8802.4; 8802.5 и пр.) и глобальных сетей (ISDN, FR, ATM). И, наконец, идея реализации глобальных сетей как объединение сетей разных технологий и размерностей, создание единой всеобщей сети (Total Area Network TAN) решается через ассоциативные (объединительные) системы, которые также легко вписываются в модель ISO/OSI.

С позиций ЭМ ВОС можно видеть, что современные сетевые технологии являются дальнейшим совершенствованием пакетной коммутации с отказом от мощной системы защиты от ошибок (FR) и унификацией длины информационных единиц (ATM). Это позволяет предположить их взаимосвязь и дальнейшее развитие.

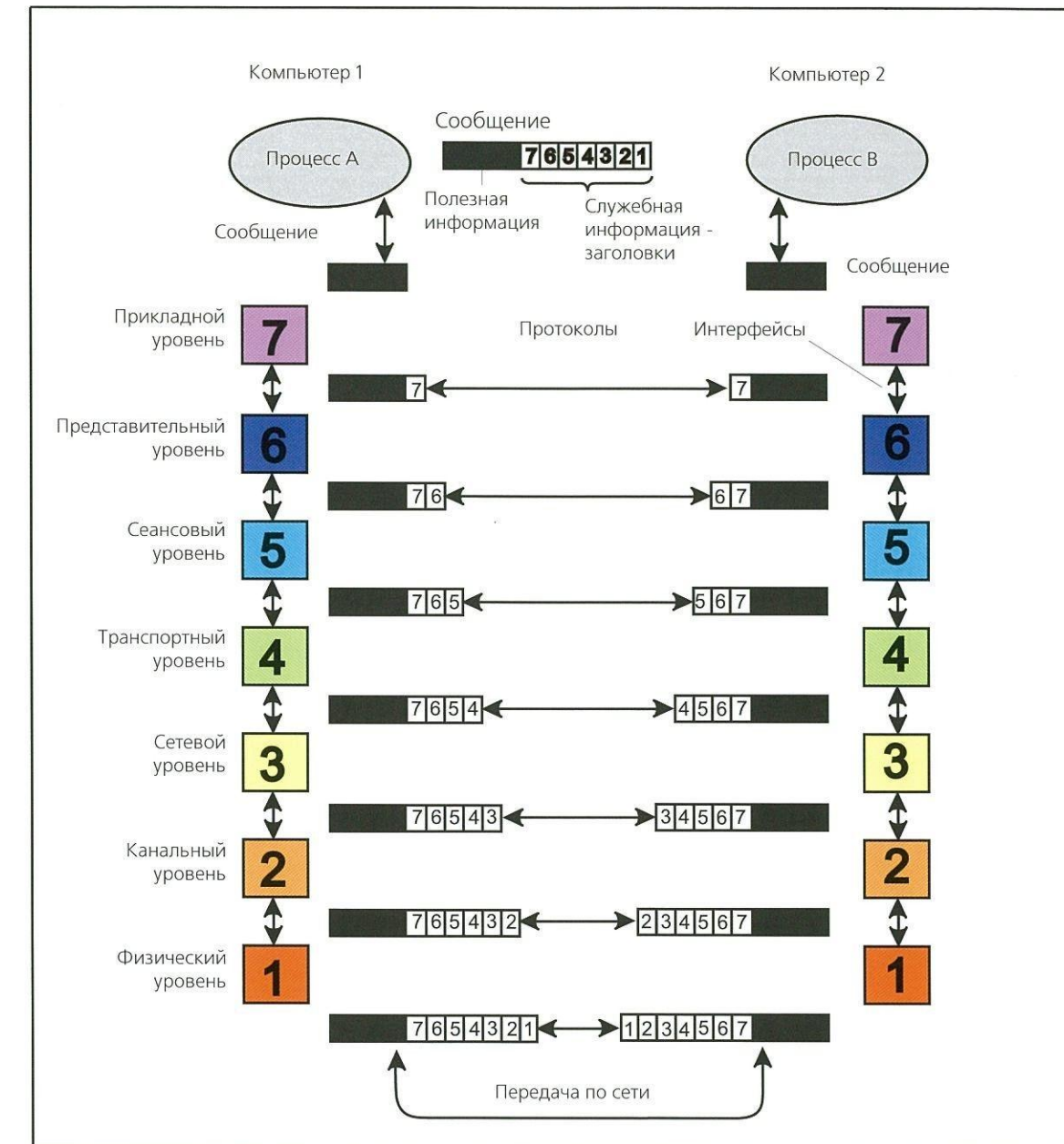
Материал альбома является графической иллюстрацией учебников "Передача дискретной информации на железнодорожном транспорте" и "Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте".

Ниже приводятся краткие описания содержания рисунков каждого раздела альбома.

# РАЗДЕЛ 1

## ОТКРЫТЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

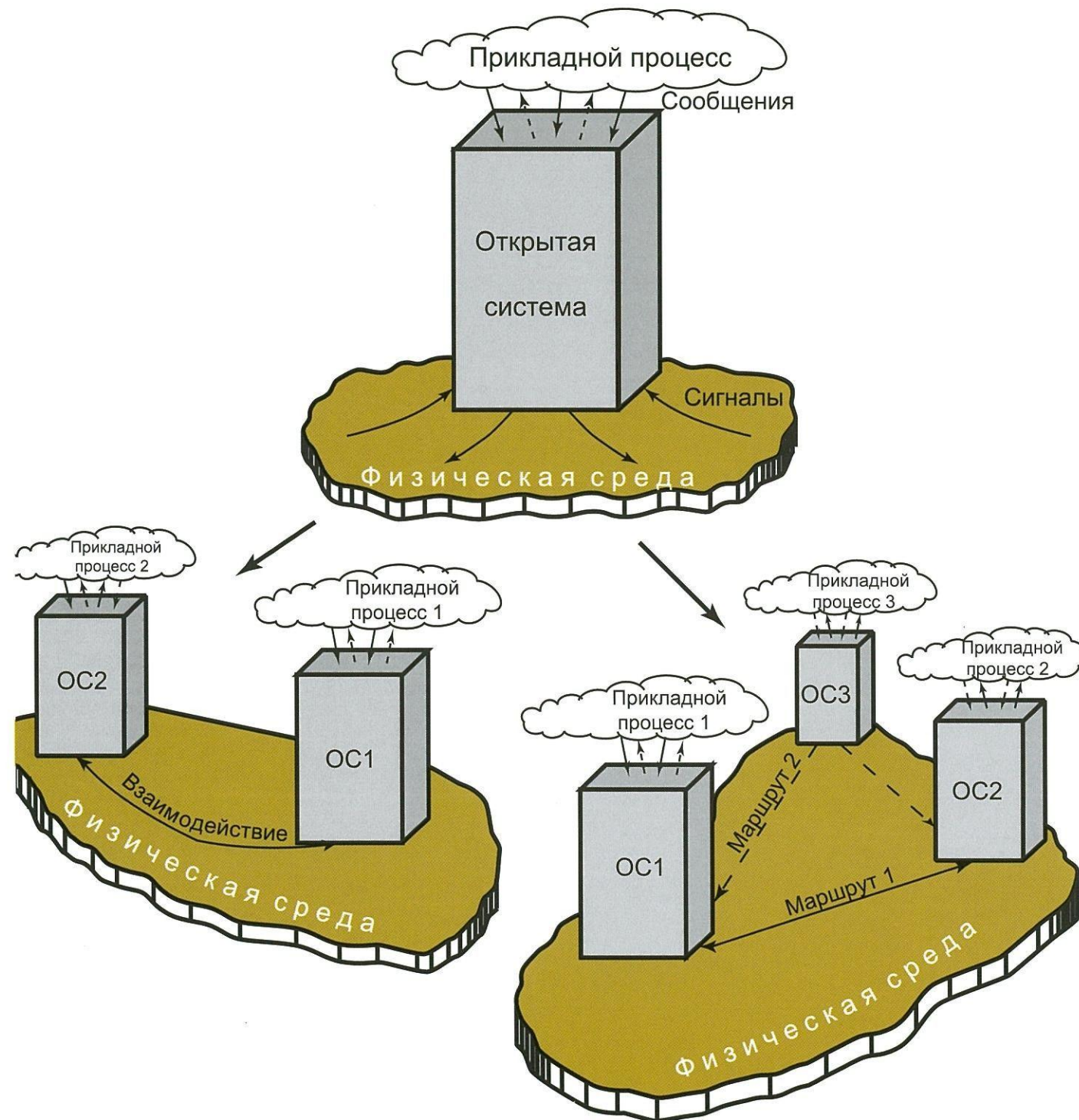
- 1.1. Принцип организации открытых систем (ОС)
- 1.2. Архитектура открытых систем (АОС)
- 1.3. Эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС)
- 1.4. Структурирование уровней ЭМ ВОС
- 1.5. Взаимодействия в открытых системах
- 1.6. Механизм взаимодействия в открытых системах
- 1.7. Назначение уровней ЭМ ВОС



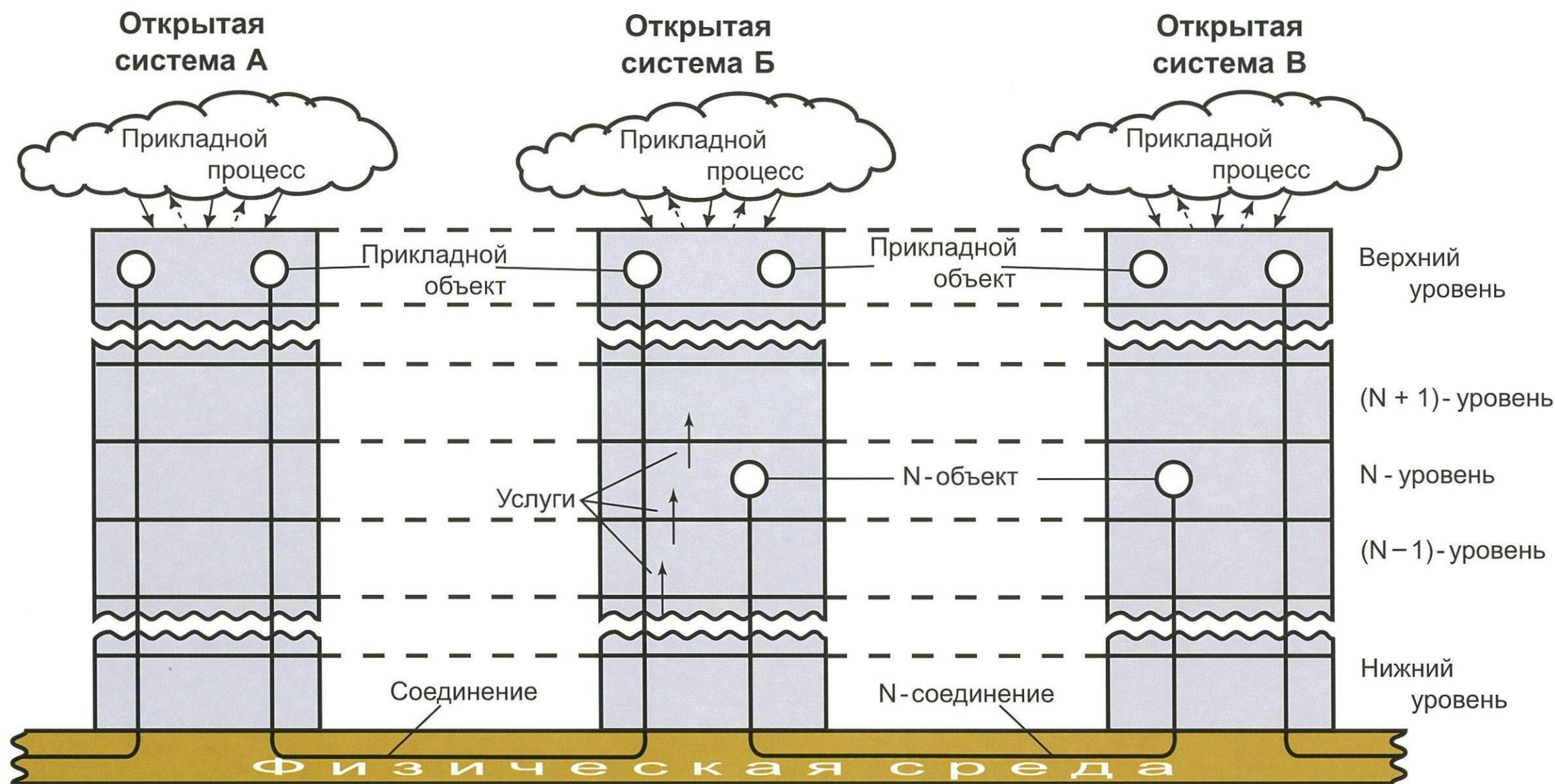


### 1.1. Принцип организации открытых систем (ОС)

Открытая система (ОС) построена в соответствии с требованиями международной организации стандартов (МООС). Она является связующим элементом между прикладным процессом и физической средой, обеспечивая взаимообратное преобразование: сообщение ↔ сигнал. При наличии в одной физической среде двух ОС возникает необходимость их взаимодействия, а при большем их числе – необходимость маршрутизации и управления взаимодействием. Уровневая организация открытых систем – один из основополагающих принципов их построения. Разбиение системы на ряд уровней (подсистем) дает возможность упростить понимание процессов внутри каждого уровня, обеспечивает независимость развития уровней и терминологическую свободу описания механизмов взаимодействия. Оно позволяет представить открытую систему в виде многоэтажного архитектурного ансамбля с крышей в виде прикладного процесса и фундаментом в виде физической среды.







## 1.2. Архитектура открытых систем (АОС)

Уровневая организация открытых систем и относительная независимость уровней дает основание для введения некоторых основных понятий:

**ПП** - прикладной процесс – источник и потребитель информации, циркулирующей в сети;

**ОС** - открытая система – система связи, действующая в соответствии с установленными стандартами;

**N-уровень** – промежуточный уровень системы;

**N – подсистема** – подсистема N-уровня, выполняющая отдельные функции в общей стратегии работы системы;

**N – объект** (объект N-уровня) – активный элемент N-уровня;

**ПО** – прикладной объект – активный элемент верхнего уровня;

**N – услуга** – функция N-уровня, необходимая для работы (N+1)-уровня;

**N – сервис** – набор функций N-уровня, предоставляемый (N+1)-уровню;

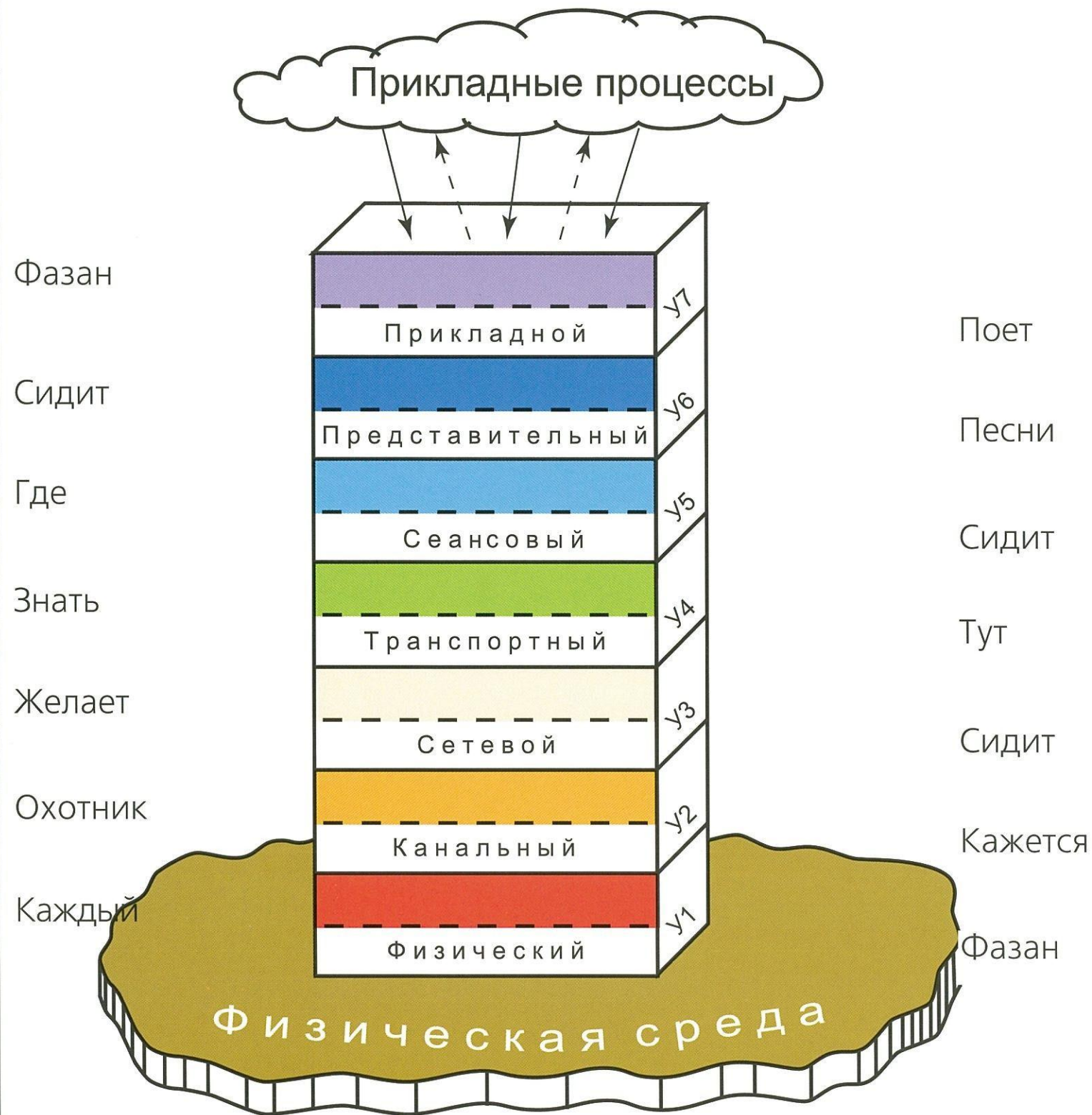
**N – соединение** – взаимодействие N-объектов через уровни корреспондирующих **ОС** с выполнением строго регламентированной последовательности процедур;

**ФС** - физическая среда (провод, эфир, оптическое волокно), в которой может существовать и распространяться сигнал.



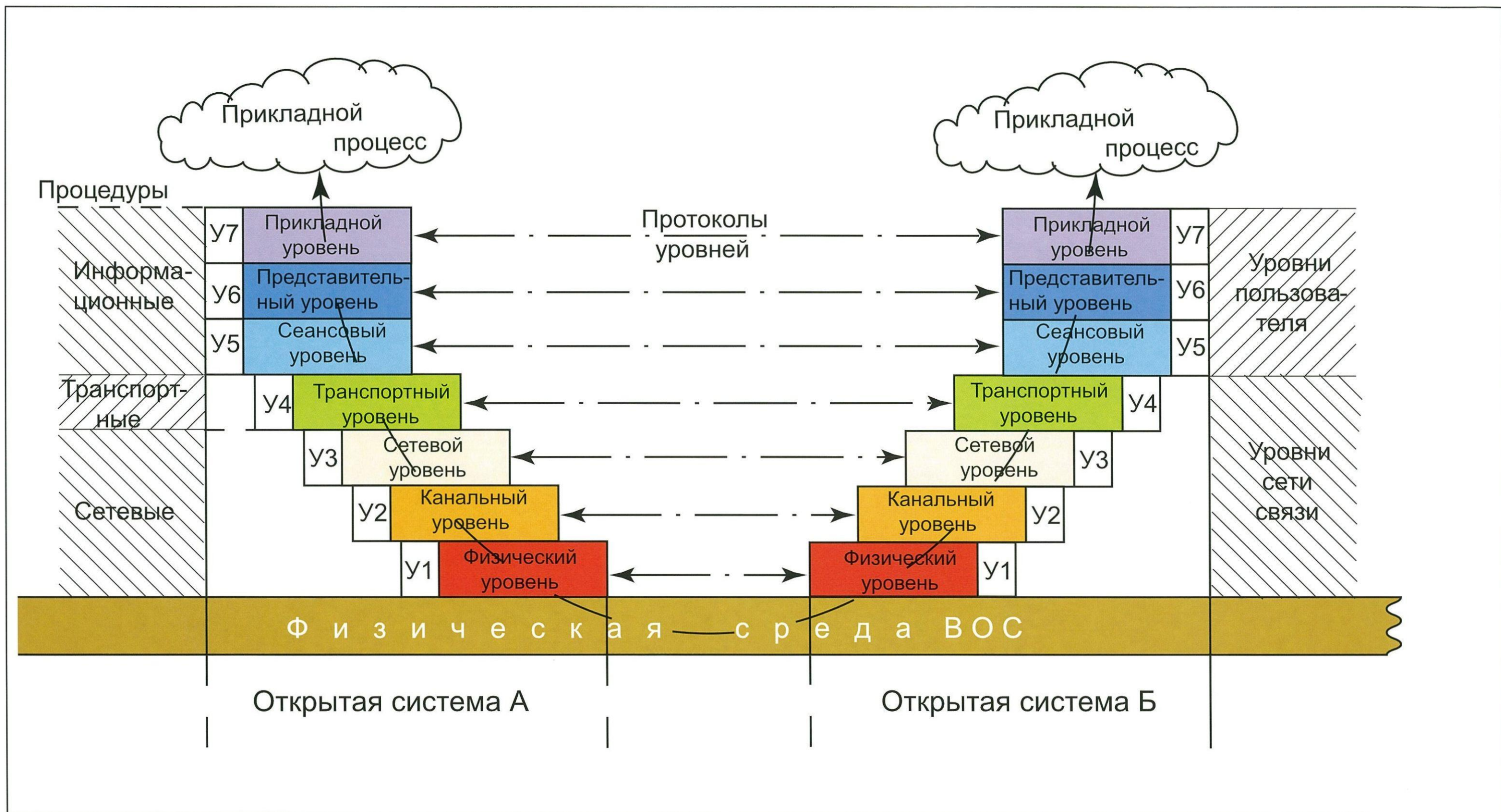
### 1.3. Эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС)

В соответствии с общими принципами АОС, стандартом МОС № 7498 и Рекомендацией X.200 МСЭ-Т определена семиуровневая эталонная модель взаимодействия открытых систем, модель ISO/OSI или МОС/ВОС. Уровни имеют свое название согласно назначению и номер, изменяющийся снизу вверх. Для унификации рассмотрения уровневой организации ЭМ ВОС на последующих рисунках вводится единая цветовая гамма, соответствующая семи цветам радуги (спектральное разложение белого цвета). Для запоминания последовательности цветов радуги имеется фраза: *Каждый - красный, Охотник - оранжевый, Желает - желтый, Знать - зеленый, Где - голубой, Сидит - синий, Фазан - фиолетовый*. Для запоминания последовательности названий уровней предлагается фраза: *Фазан - физический, Кажется - канальный, Сидит - сетевой, Тут - транспортный, Сидит - сеансовый, Где - представительный, Сидит - прикладной*.



Номер уровня	Международное наименование уровня	Сокращение	Русское наименование уровня	Сокращение
У7	Application	A	Прикладной	ПКД
У6	Presentation	P	Представительный	ПСТ
У5	Session	S	Сеансовый	СНВ
У4	Transport	T	Транспортный	ТРС
У3	Network	N	Сетевой	СТВ
У2	Data Link	DL	Канальный	КНЛ
У1	Physical Link	PL	Физический	ФЗК





#### 1.4. Структурирование уровней ЭМ ВОС

Семь уровней ЭМ ВОС могут быть разбиты на группы по определенным признакам. С одной стороны, это разбиение можно разделить на три группы, одна из которых обеспечивает подготовку сообщений к передаче – информационные процедуры (U5, U6, U7), вторая обеспечивает передачу сигналов по сети – сетевые процедуры (U1, U2, U3) и третья обеспечивает "стыковку" этих групп – транспортные процедуры (U4). С другой стороны, все уровни можно разбить на две группы: уровни сети связи (U1, U2, U3, U4), отвечающие за транспортировку сигналов по сети, и уровни пользователя (U5, U6, U7), обеспечивающие подготовку сообщений (содержание, форма и время представления) к транспортировке.

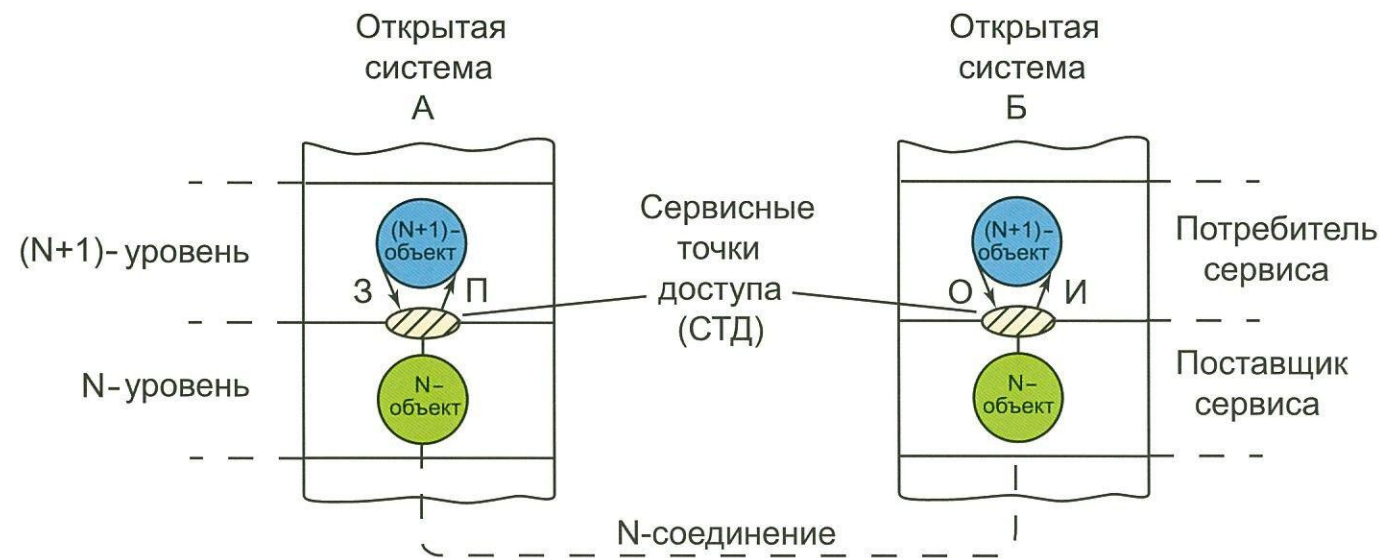
ЭМ ВОС предусматривает три шага стандартизации. К первому относятся понятия *система*, *подсистема*, *уровень*, определяющие основной принцип АОС – раздельность и независимость работы уровней.

Ко второму относятся понятия *процессы* и *услуги*, определяющие работу уровней в общей стратегии работы системы.

К третьему относятся понятия *протокол* и *интерфейс*, интегрирующие работу отдельных подсистем в одной и в разных ОС.



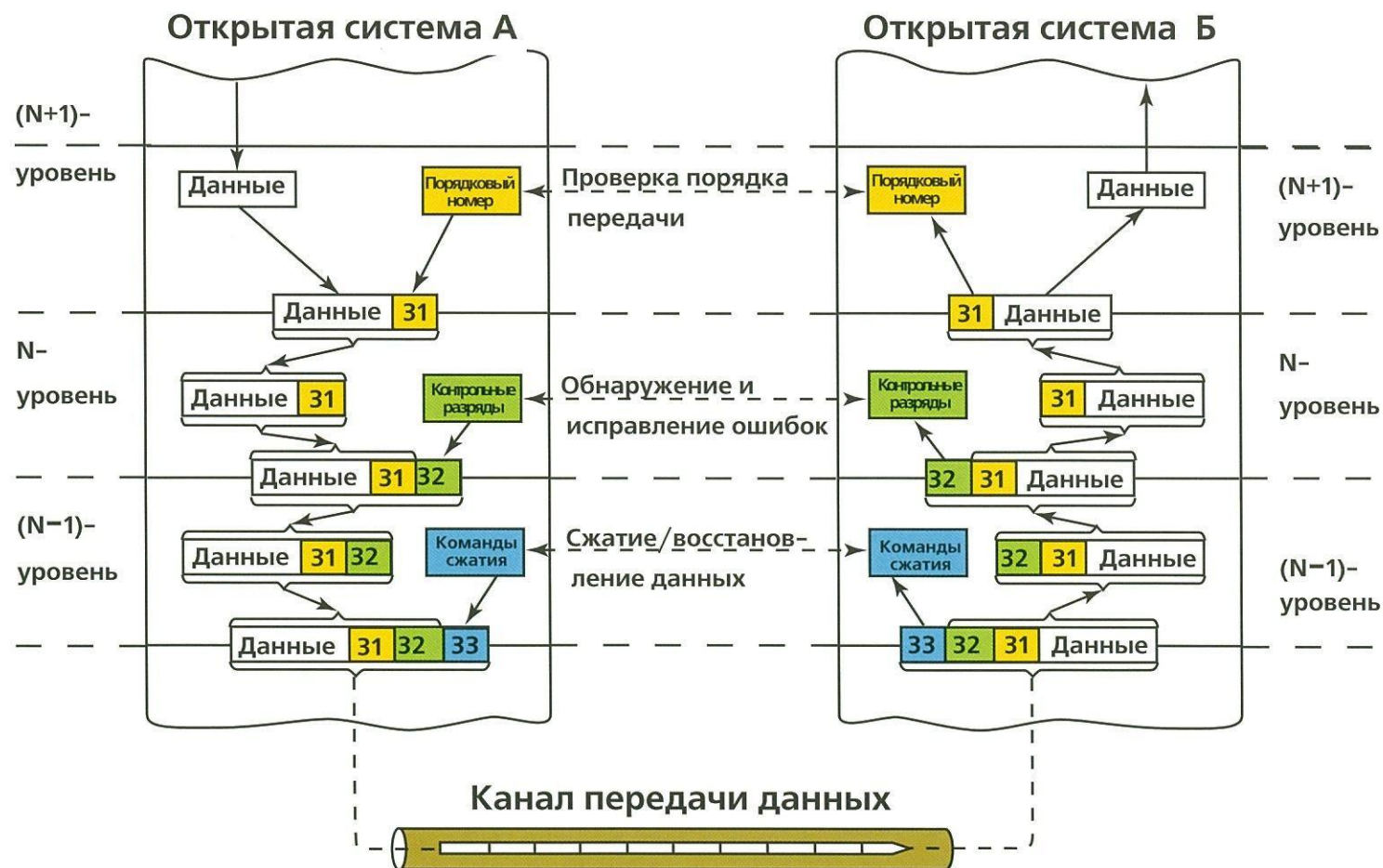
### а) Межуровневое взаимодействие



Имя примитива			Значение примитива
Принадлежность к уровню	Вид вызываемой услуги	Статус примитива	
СТВ	УС	З	Запрос — установить соединение на сетевом уровне
ТРС	Р	П	Подтверждение — разъединение на транспортном уровне

З – примитив "Запрос"  
 П – примитив "Подтверждение"  
 И – примитив "Индикация"  
 О – примитив "Ответ"

### б) Межсистемное взаимодействие

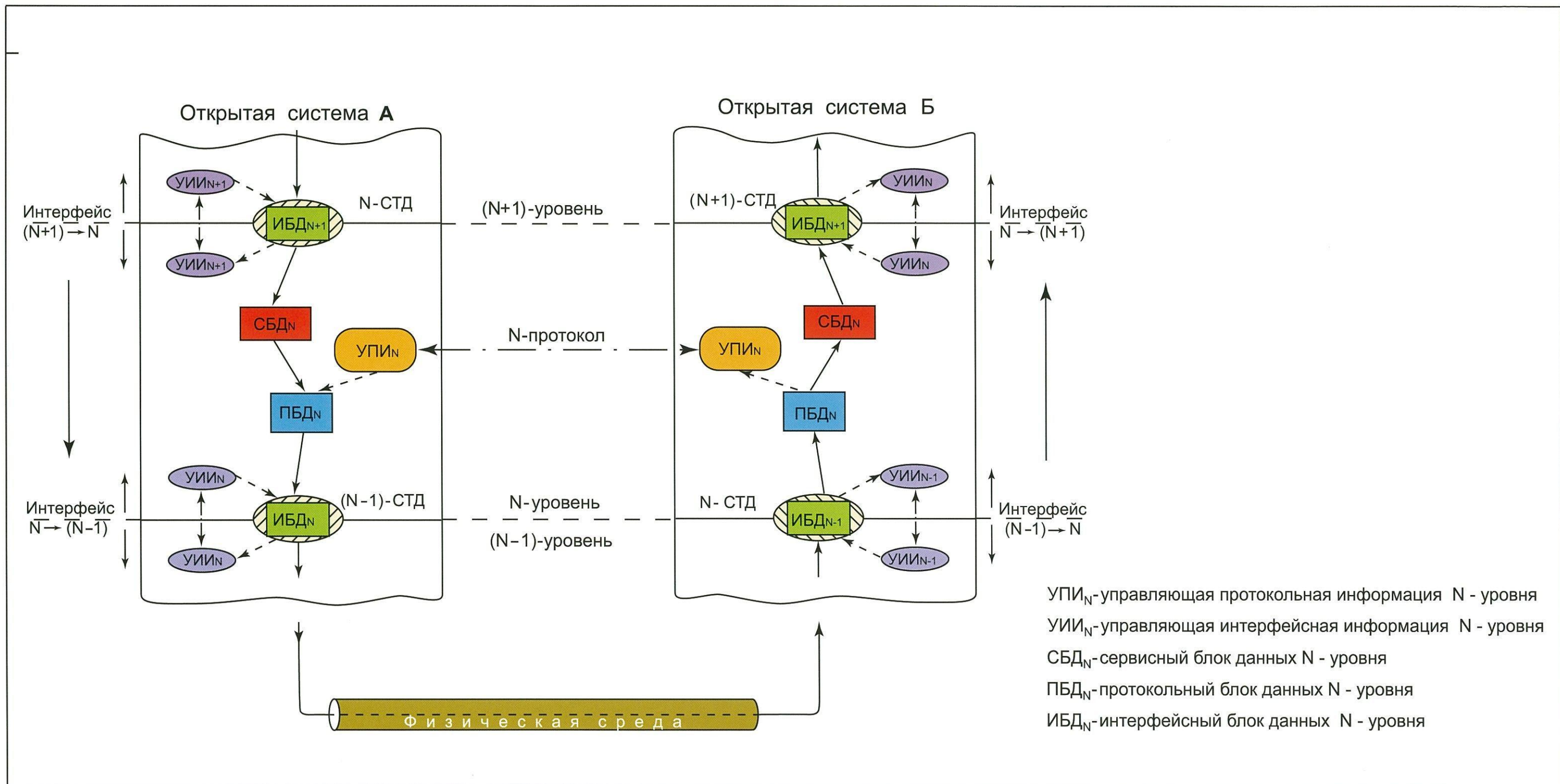


### 1.5. Взаимодействия в открытых системах

Логическое разбиение системы на ряд подсистем требует введения определенных правил взаимодействия разных уровней как в одной системе (межуровневое), так и в разных системах (межсистемное). Оба они работают в рамках N-соединения, но одно служит для вызова (инициирования) той или иной функции, а второе – для поддержания функционирования одноименных уровней разных систем.

Функции могут быть обязательными и необязательными (факультативными); подтверждаемыми и неподтверждаемыми. Подтверждаемая функция требует обмена двумя парами примитивов:  $Z \rightarrow I$  и  $O \rightarrow P$ . Неподтверждаемая функция вызывается парой примитивов  $Z \rightarrow I$ . Суть межсистемного взаимодействия состоит в обмене одноименных уровней разных ОС службой информацией, позволяющей контролировать правильность выполнения уровнями своих функций.





## 1.6. Механизм взаимодействия в открытых системах

Механизмом взаимодействия определяется порядок формирования информационных единиц и служебной информации на каждом уровне для проведения их через границы уровней и по всему соединению.

Трансформация информационных единиц в зависимости от их места в соединении предусматривает следующие понятия:

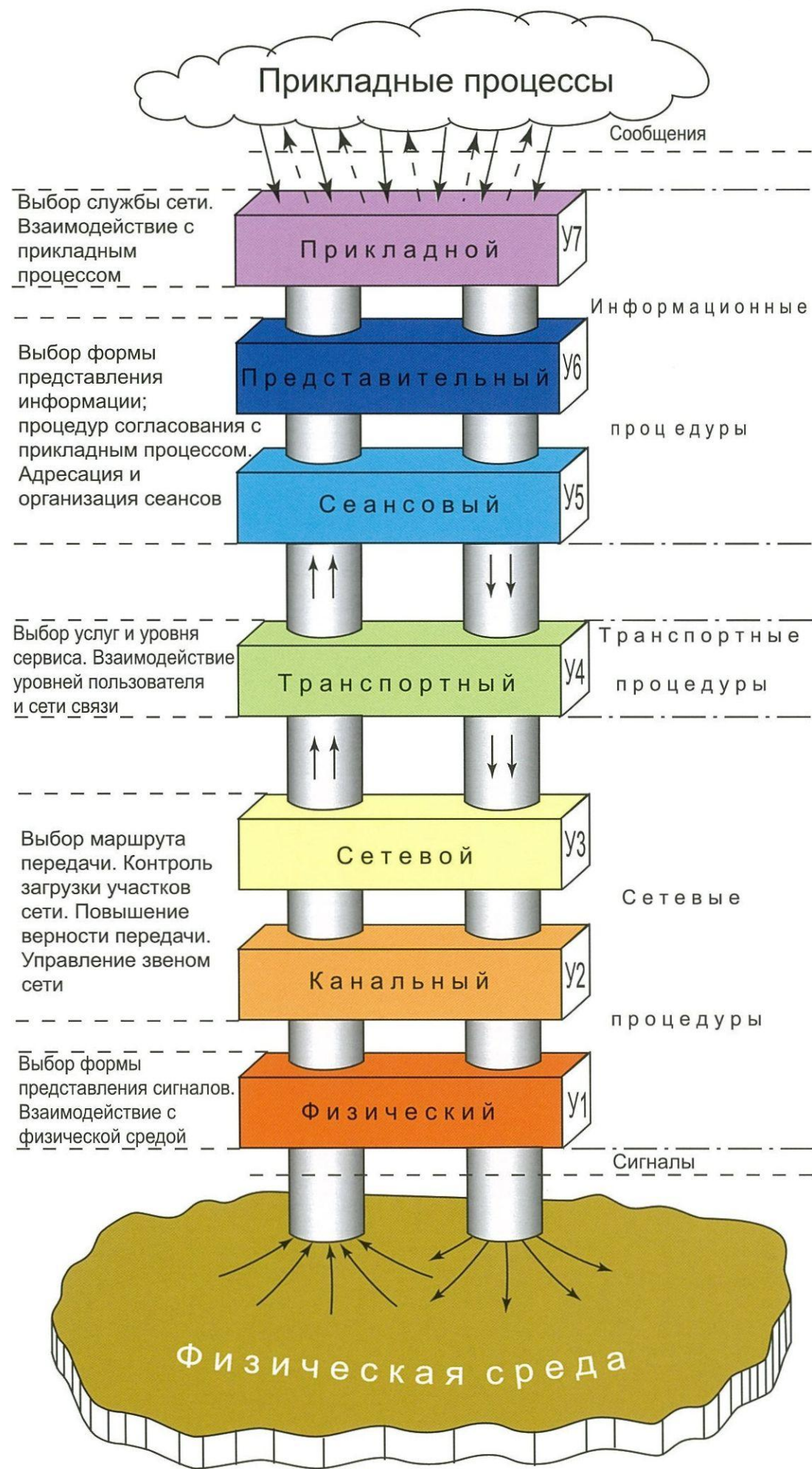
СБД<sub>N</sub> – сервисный блок данных N-уровня, проходящий без обработки через N-уровень;

ПБД<sub>N</sub> – протокольный блок данных N-уровня, представляющий собой СБД<sub>N</sub>, дополненный управляющей протокольной информацией N-уровня (УПИ<sub>N</sub>), служебной информацией, составляющей основу N-протокола;

ИБД<sub>N</sub> – интерфейсный блок данных N-уровня, представляющий собой ПБД<sub>N</sub>, дополненный управляющей интерфейсной информацией N-уровня (УИИ<sub>N</sub>), служебной информацией, составляющей основу интерфейсов смежных уровней.

Таким образом, N-протокол определяет опосредованное взаимодействие одноименных уровней разных систем в N-соединении, а интерфейс определяет непосредственное взаимодействие разных уровней одной системы при прохождении N-соединения через сервисные точки доступа (СТД) на границе смежных подсистем.





### 1.7. Назначение уровней ЭМ ВОС

Каждый уровень ЭМ ВОС в соответствии со своим названием и местом в группе выполняемых процедур имеет свои функции, которые характеризуются независимостью и наращиваемостью снизу вверх. Это позволяет каждому вышележащему уровню надеяться на выполнение отдельных процедур низлежащими уровнями и выполнять лишь функции, ему предназначенные. С этой точки зрения, физический уровень не получает никаких услуг, а прикладной – максимум услуг как совокупность работы всех низлежащих уровней. Такое "разделение" и "кооперация" труда составляет основу уровневой организации АОС.

Смежные уровни выступают здесь по отношению друг к другу с позиций поставщика и потребителя сервиса, а выполнение каждым уровнем своей задачи облегчает составление протокольных соглашений при их взаимодействии между собой.

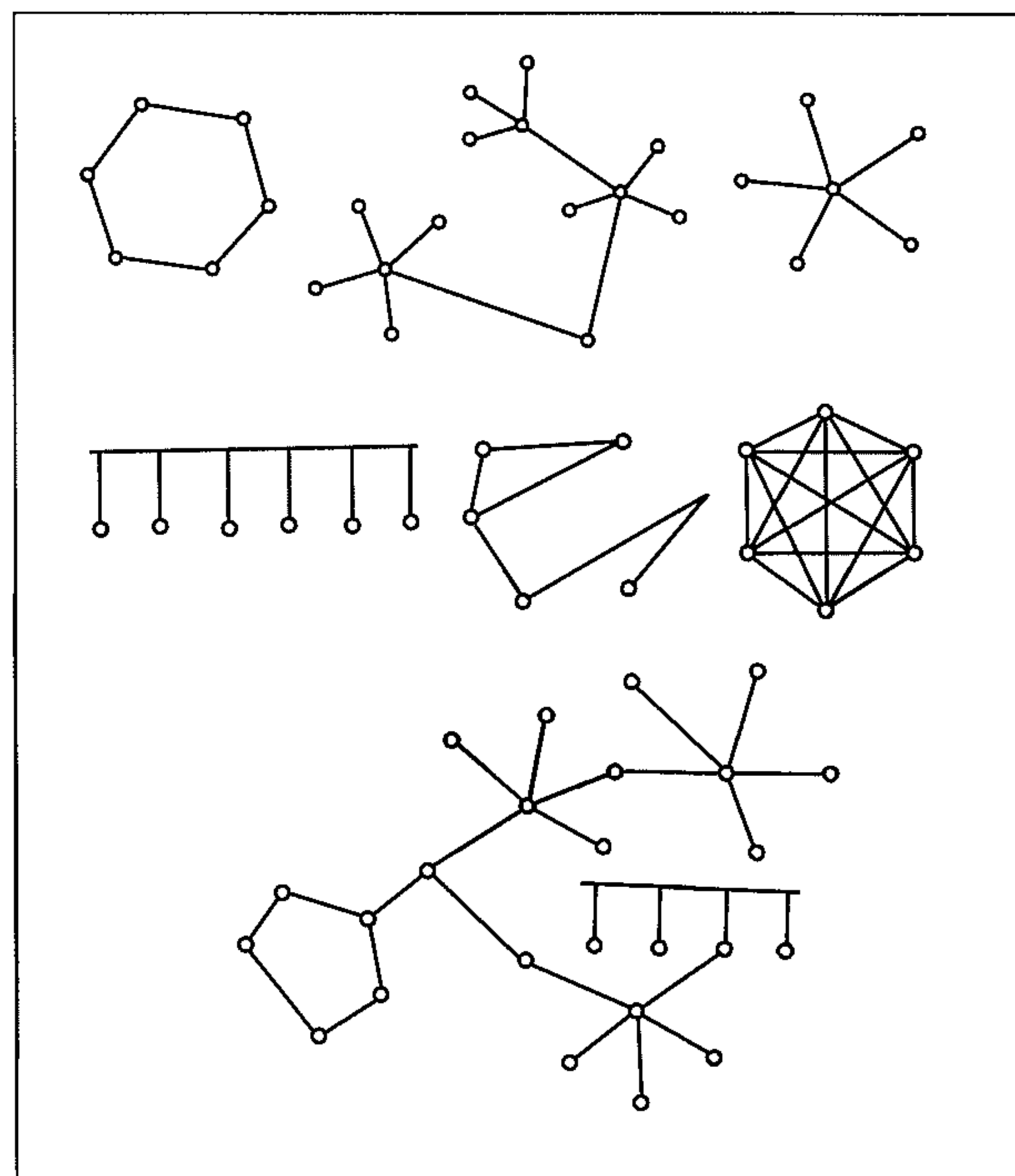
В то же время каждый уровень выполняет единообразные функции, обеспечивающие нормальное функционирование как отдельных уровней, так и всей системы в целом. Согласно ГОСТ 28.906-91 этих функций десять:

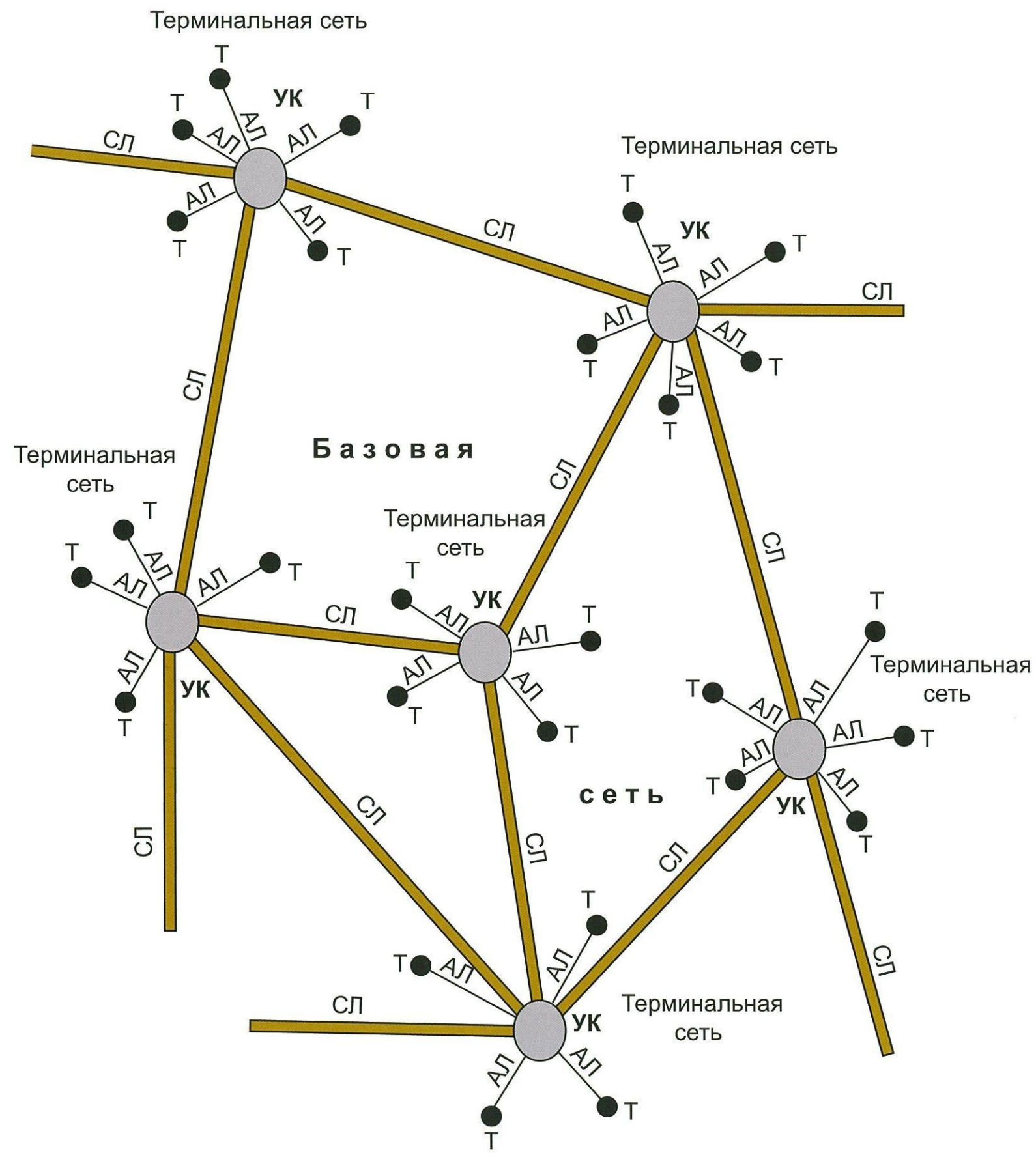
- выбор протокола из множества возможных на каждом уровне;
- установление N-соединения и разъединение;
- установление соотношений между N-соединением (ретрансляция, мультиплексирование, расщепление) и (N-1)-соединением при разных их возможностях по пропускной способности;
- контроль пути в N-соединении;
- нормальная передача данных в штатных ситуациях;
- срочная передача данных в нештатных ситуациях;
- установление соотношений между размерами ПБД на смежных уровнях (сегментирование, блокирование, сцепление данных);
- упорядочение последовательности информационных единиц;
- управление темпом передачи данных;
- защита от ошибочных действий.



## ОТКРЫТЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ

- 2.1. Структура информационно-вычислительной сети (ИВС)
- 2.2. Протоколы и интерфейсы в ИВС
- 2.3. Инкапсуляция данных по уровням ЭМ ВОС в ИВС
- 2.4. Методы коммутации и последовательность фаз работы сети
- 2.5. Концептуальная модель сети ПД-КП
- 2.6. Взаимодействие абонентских систем (АС) через сеть с разными методами коммутации
- 2.7. ИВС как система вложенных черных ящиков (ЧЯ)
- 2.8. Логическое взаимодействие оконечных транспортных станций (ОТС) в сети
- 2.9. Управление в сети связи
- 2.10. Логическая структура узла коммутации сообщений и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях
- 2.11. Логическая структура узла коммутации каналов и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях
- 2.12. Логическая структура узла коммутации пакетов и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях
- 2.13. Узел коммутации сообщений с позиций ЭМ ВОС
- 2.14. Узел коммутации каналов с позиций ЭМ ВОС
- 2.15. Узел коммутации пакетов с позиций ЭМ ВОС



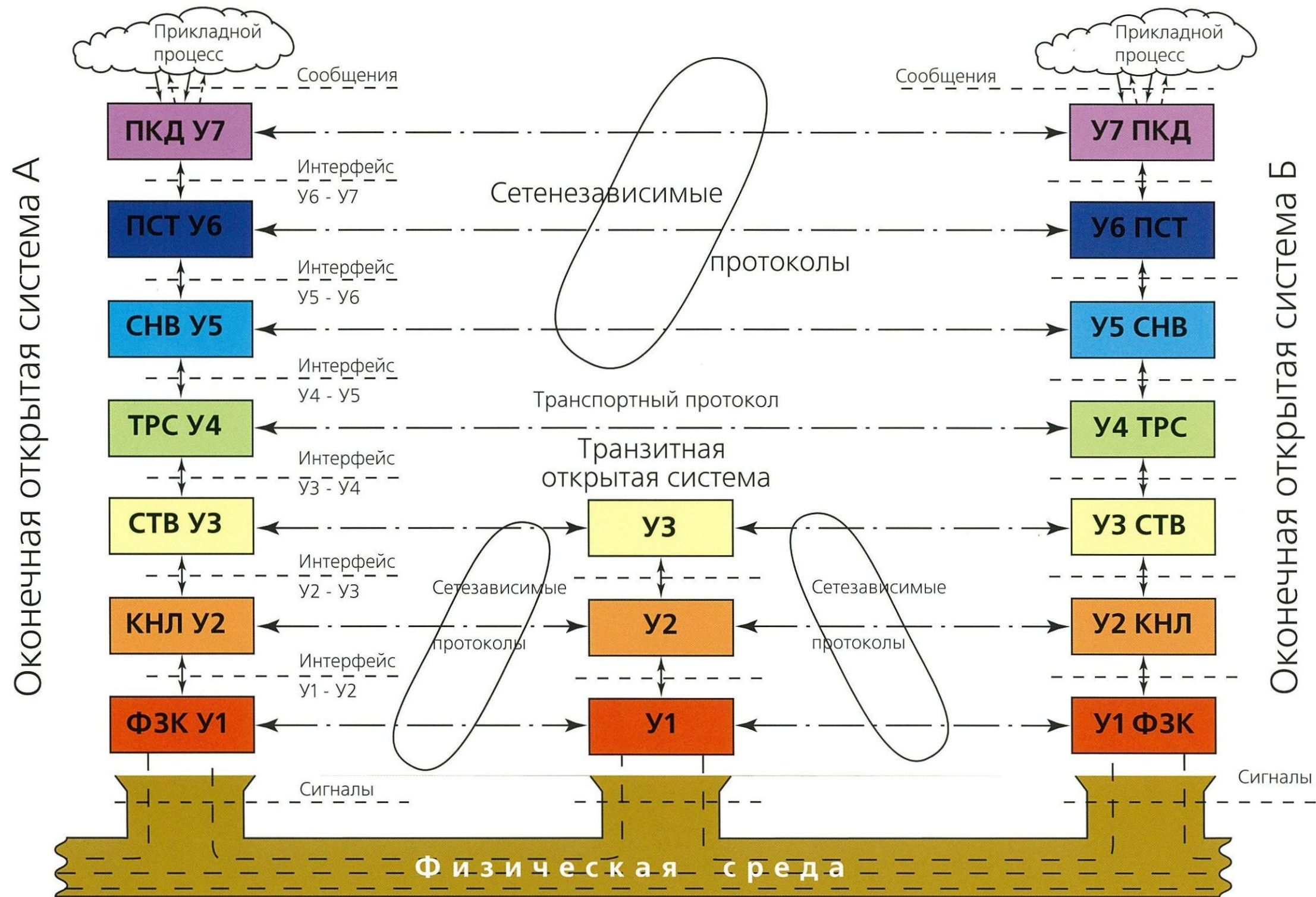


## 2.1. Структура информационно-вычислительной сети (ИВС)

Информационно-вычислительная сеть рассматривается как состоящая из двух частей: базовой и терминальной. *Базовая сеть* включает в себя узлы коммутации (УК), расположенные на некоторой территории, и соединительные линии (СЛ), объединяющие их в какую-либо топологическую структуру (древовидную, радиально-узловую, решетчатую и др.).

*Терминальная сеть* располагается вокруг узлов коммутации и состоит из конечных устройств (терминалов Т) и индивидуальных абонентских линий (АЛ), радиально подключающих терминалы к узлам коммутации.



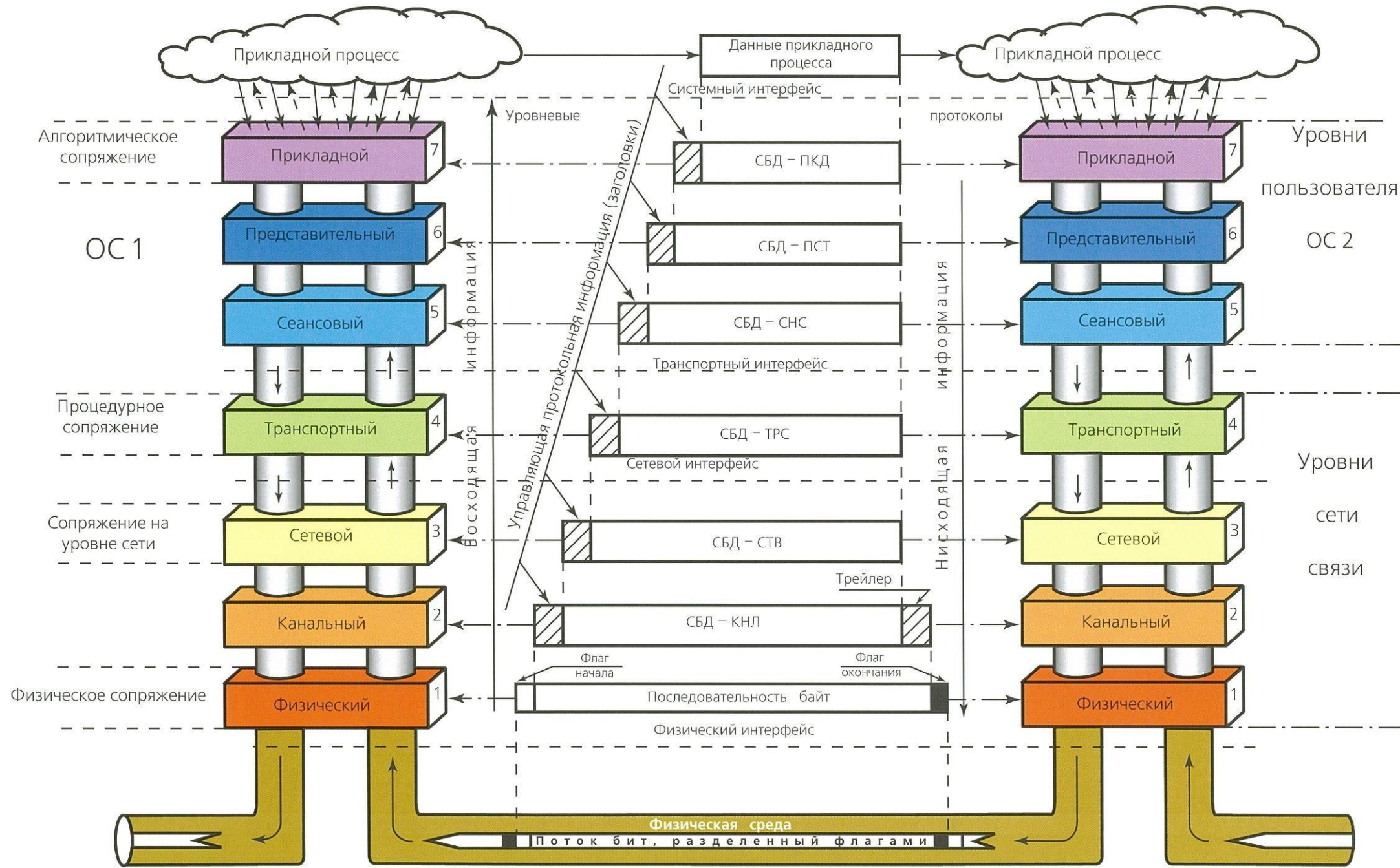


## 2.2. Протоколы и интерфейсы в ИВС

Открытые системы, связанные между собой физической средой через сеть сложной топологической структуры, могут быть конечными и транзитными. В логическом плане различают сетезависимые протоколы, лежащие выше транспортного протокола, и сетезависимые протоколы, лежащие ниже транспортного протокола. Первые из них работают из конца в конец между конечными открытыми системами, а вторые работают по звенно в маршрутах любой конфигурации только между узловыми точками сети (оконечными или транзитными открытыми системами). Понятие интерфейса в открытых системах любого типа остается неизменным.



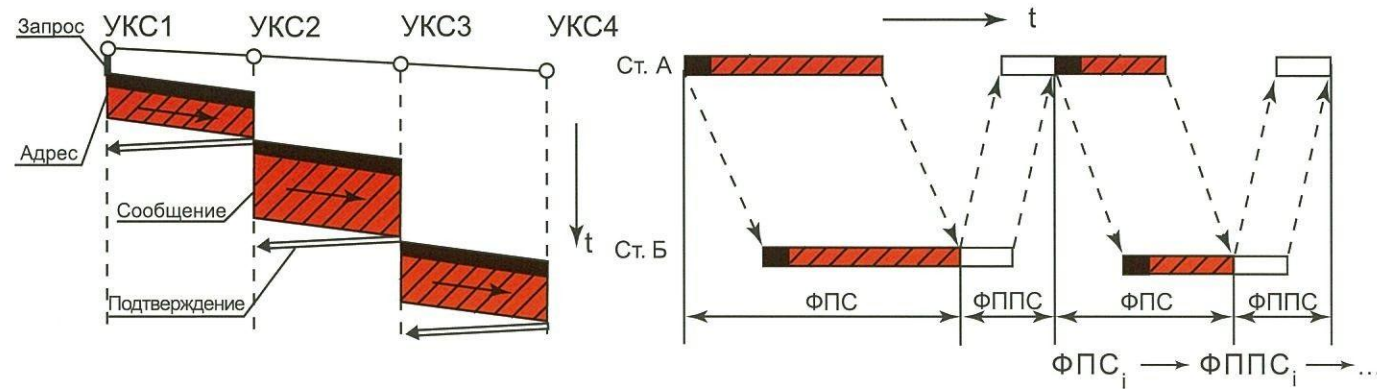
### 2.3. Инкапсуляция данных по уровням ЭМ ВОС в ИВС



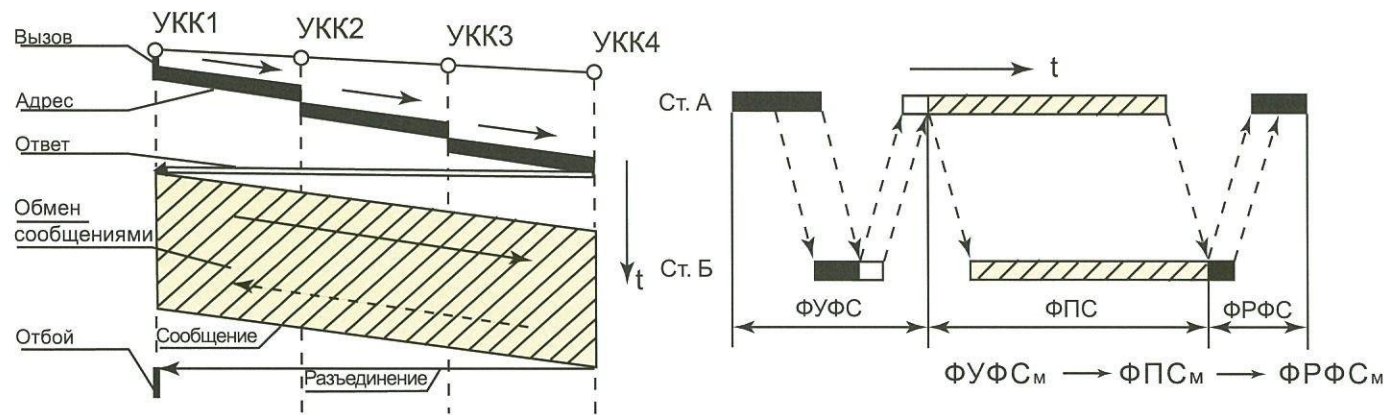
В соответствии с ранее рассмотренными принципами структурирования уровней ЭМ ВОС и межсистемного взаимодействия строится иерархия информационных единиц по уровням, их вложенность (конвертирование, инкапсуляция) друг в друга. При этом ПБД более высокого уровня составляет СБД следующего за ним низлежащего уровня. При добавлении заголовка к нему он превращается в ПБД этого уровня и т. д. Лишь на канальном уровне помимо заголовка добавляется еще концевик (трейлер), служащий для защиты передаваемого блока от ошибок. Здесь же вставляются разграничители блоков (начальные и конечные флаги), служащие для разделения блоков при поступлении их с физического на канальный уровень. В целом в открытых системах различают системный и физический интерфейсы, обеспечивающие сопряжение ОС с прикладными процессами (алгоритмическое сопряжение) и физической средой (физическое сопряжение). Транспортный интерфейс обеспечивает сопряжение уровней пользователя и уровней сети связи (процедурное сопряжение) и сетевой интерфейс – вхождение в сеть связи (сопряжение на уровне сети).



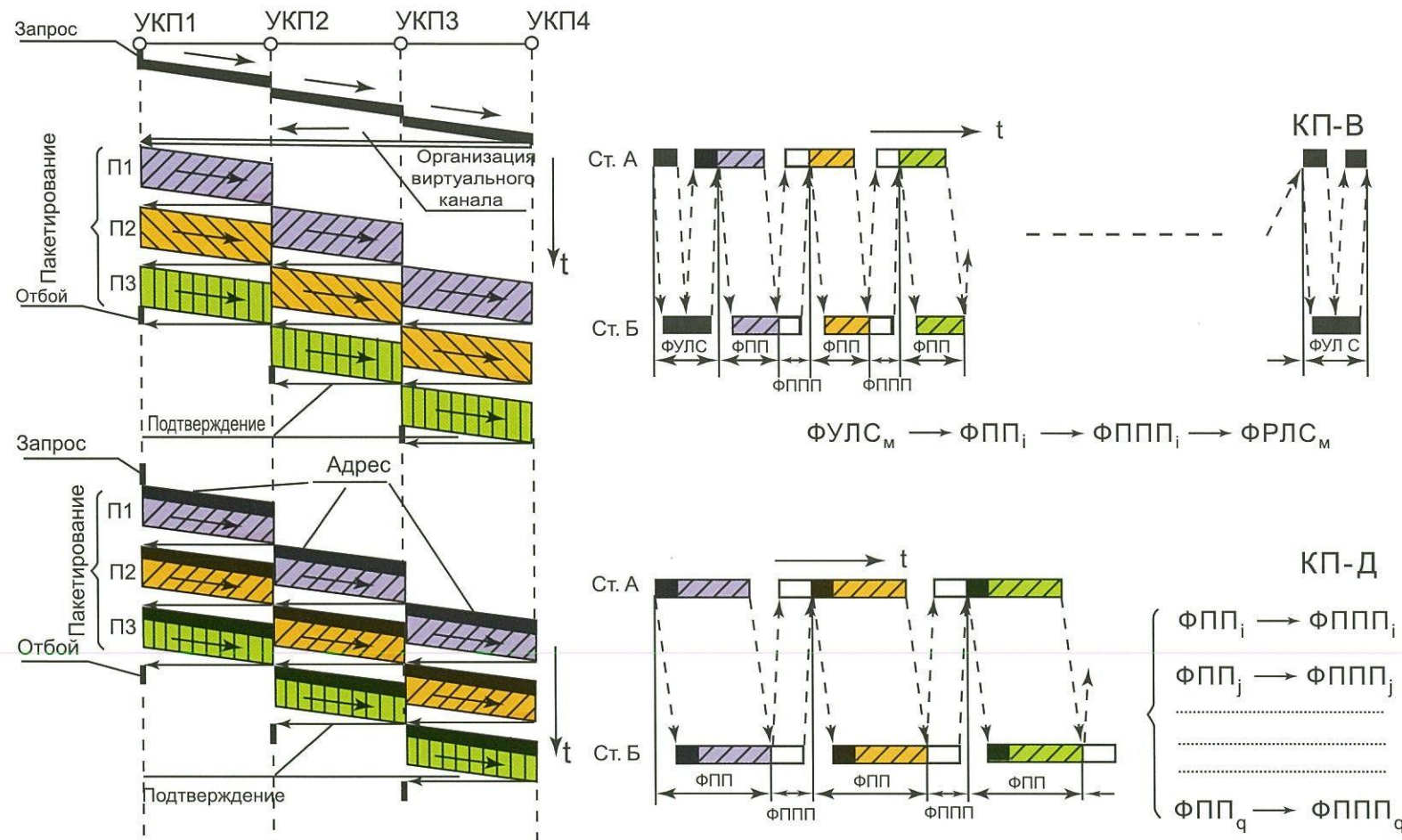
### а) Коммутация сообщений (КС)



### б) Коммутация каналов (КК)



### в) Коммутация пакетов (КП)



## 2.4. Методы коммутации и последовательность фаз работы сети

Основной функцией базовой сети является коммутация — распределение информации по адресным признакам. Различают три классических метода коммутации: коммутацию сообщений, коммутацию каналов и коммутацию пакетов.

*Коммутация сообщений (КС)* предусматривает передачу каждого сообщения вместе с адресом по всему маршруту с переприемом его в транзитных узлах, с повторением фаз передачи сообщения (ФПС) и подтверждения правильности приема сообщения (ФППС) на каждом звене.

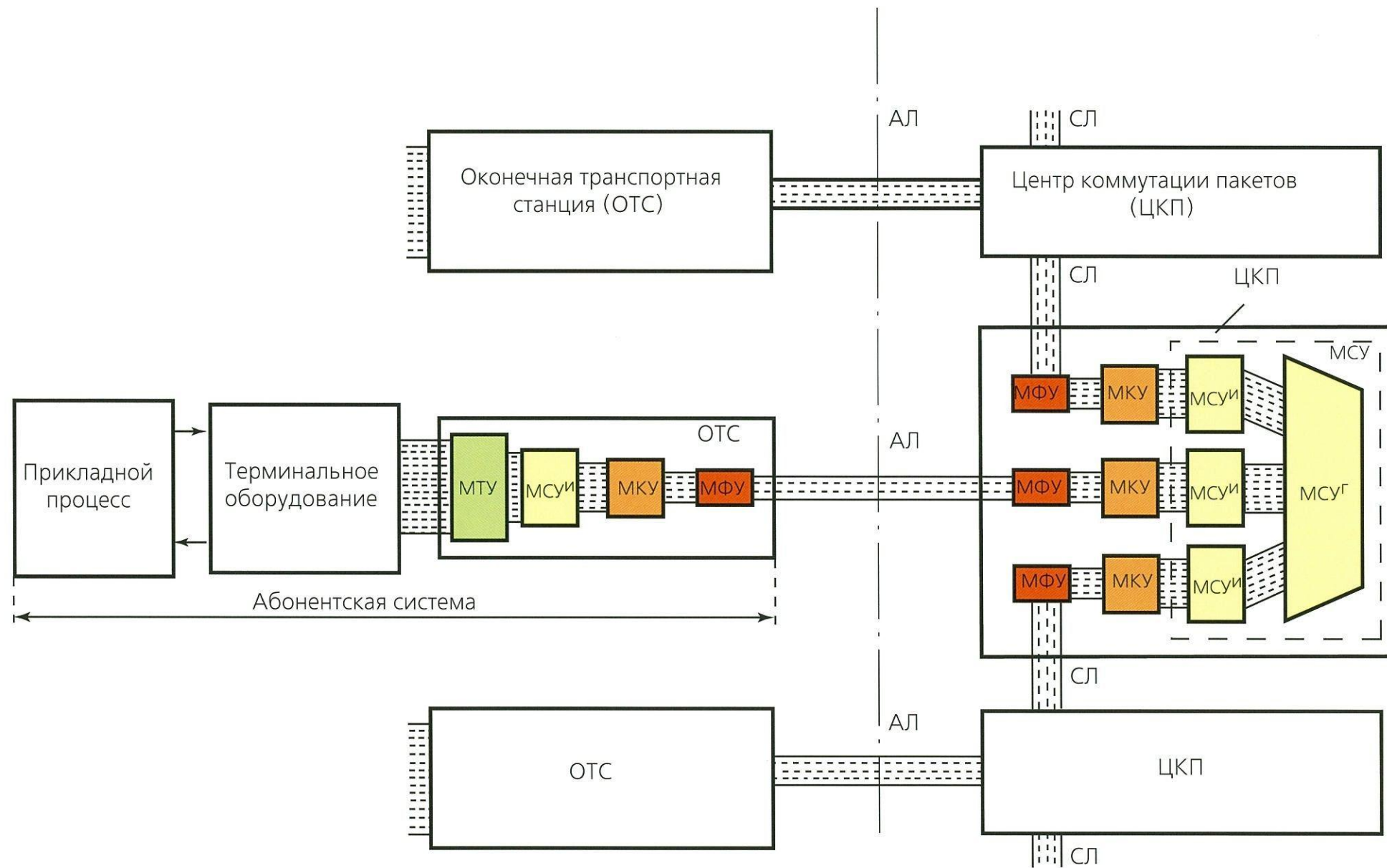
*Коммутация каналов (КК)* предусматривает организацию сквозного канала по адресному признаку между оконечными станциями (фаза установления физического соединения ФУФС) с последующей передачей по организованному маршруту сообщения (фаза передачи сообщения ФПС) и "разборку" маршрута по окончании обмена сообщениями (фаза разъединения физического соединения ФРФС).

*Коммутация пакетов (КП)* предусматривает разбиение сообщения в пункте передачи на части (пакеты) и передачу каждой из них по сети с переприемом в транзитных узлах по адресным признакам. Различают два режима работы при коммутации пакетов: виртуальный (КП-В) и датаграммный (КП-Д). В первом случае по проложенному логическому маршруту (фаза установления логического соединения ФУЛС) передаются пакеты с подтверждением правильности их приема (фаза передачи пакета ФПП и фаза подтверждения правильности приема пакета ФППП) с последующим аннулированием маршрута (фаза разъединения логического соединения ФРЛС). Во втором случае пакеты передаются по разным маршрутам с повторением на каждом звене фаз передачи (ФПП) и подтверждения правильности приема (ФППП).



## Терминальная сеть

## Базовая сеть



МФУ – модуль физического уровня  
 МСУ – модуль сетевого уровня  
 АЛ – абонентская линия

МКУ – модуль канального уровня  
 МТУ – модуль транспортного уровня  
 СЛ – соединительная линия

## 2.5. Концептуальная модель сети ПД-КП

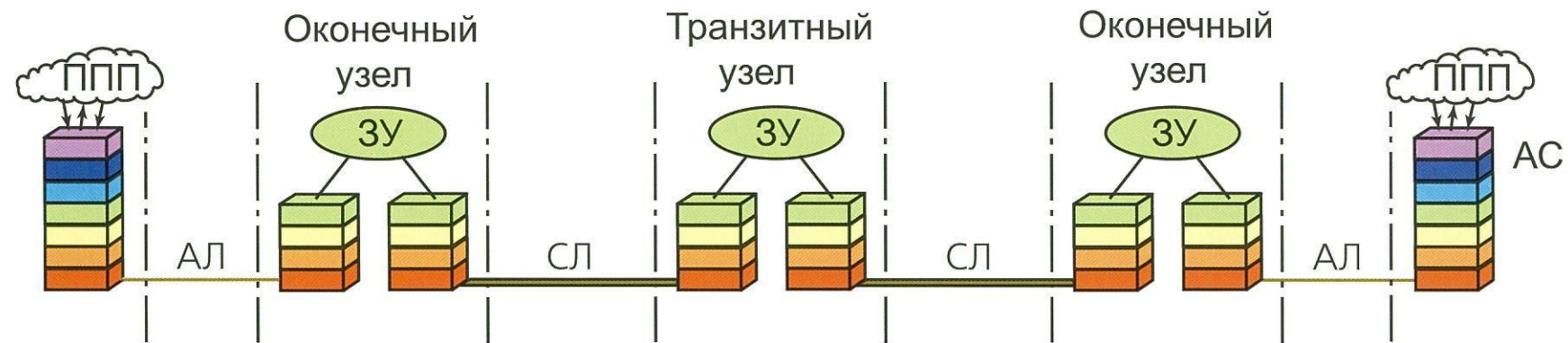
В основу модели положено деление абонентских систем (АС) на:

- прикладной процесс (ПП) – вне ОС;
- терминальное оборудование (ТО) – три верхних уровня ОС;
- окончательную транспортную станцию (ОТС) – четыре нижних уровня ОС.

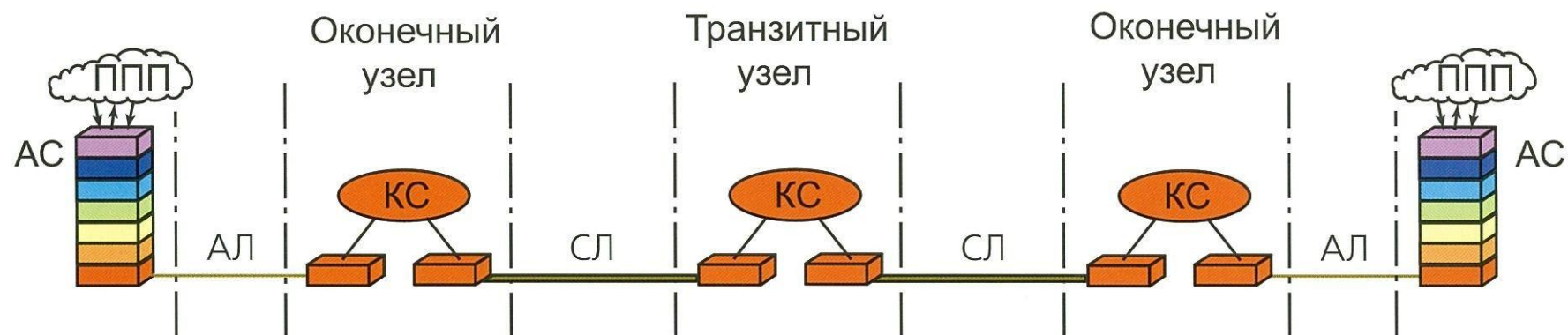
С передачей сигналов по сети и контролем за качеством передачи связаны функции ОТС. При этом функции физического, канального и сетевого уровней повторяются на каждом звене сети и поддерживаются работой активных элементов (модулей) физического (МФУ), канального (МКУ) и сетевого (МСУ) уровней. Информационные единицы в узлах коммутации поднимаются не выше третьего (сетевого) уровня. Модуль сетевого уровня в каждом узле коммутации пакетов (УКП) можно условно разбить на две части: индивидуальную (МСУИ) и групповую (МСУГ). Первая обеспечивает логическое взаимодействие с аналогичными частями ОТС и смежных УКП, а вторая обеспечивает коммутацию пакетов в соответствии с адресом. Модуль транспортного уровня (МТУ) присутствует лишь в ОТС, замыкая и контролируя процесс передачи по маршруту (из конца в конец).



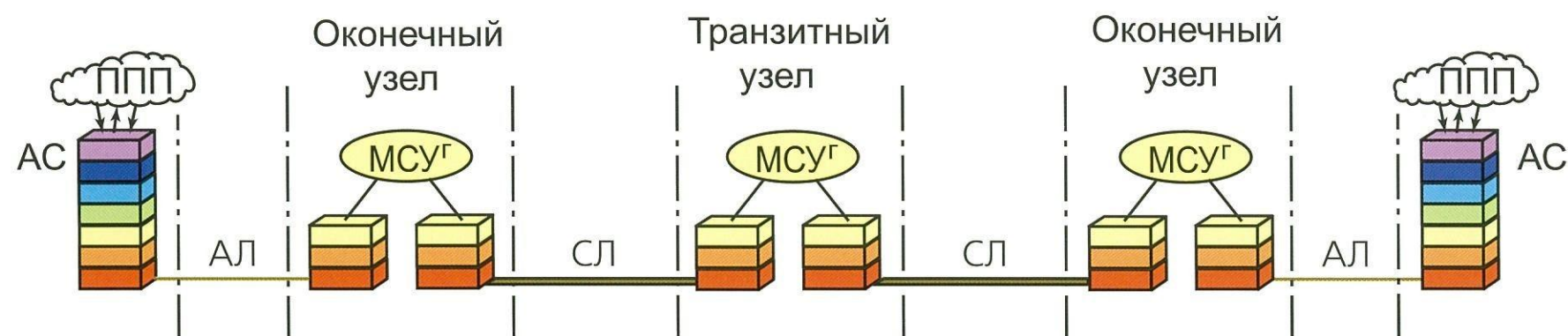
### а) Коммутация сообщений (КС)



### б) Коммутация каналов (КК)



### б) Коммутация пакетов (КП)



## 2.6. Взаимодействие абонентских систем (АС) через сеть с разными методами коммутации

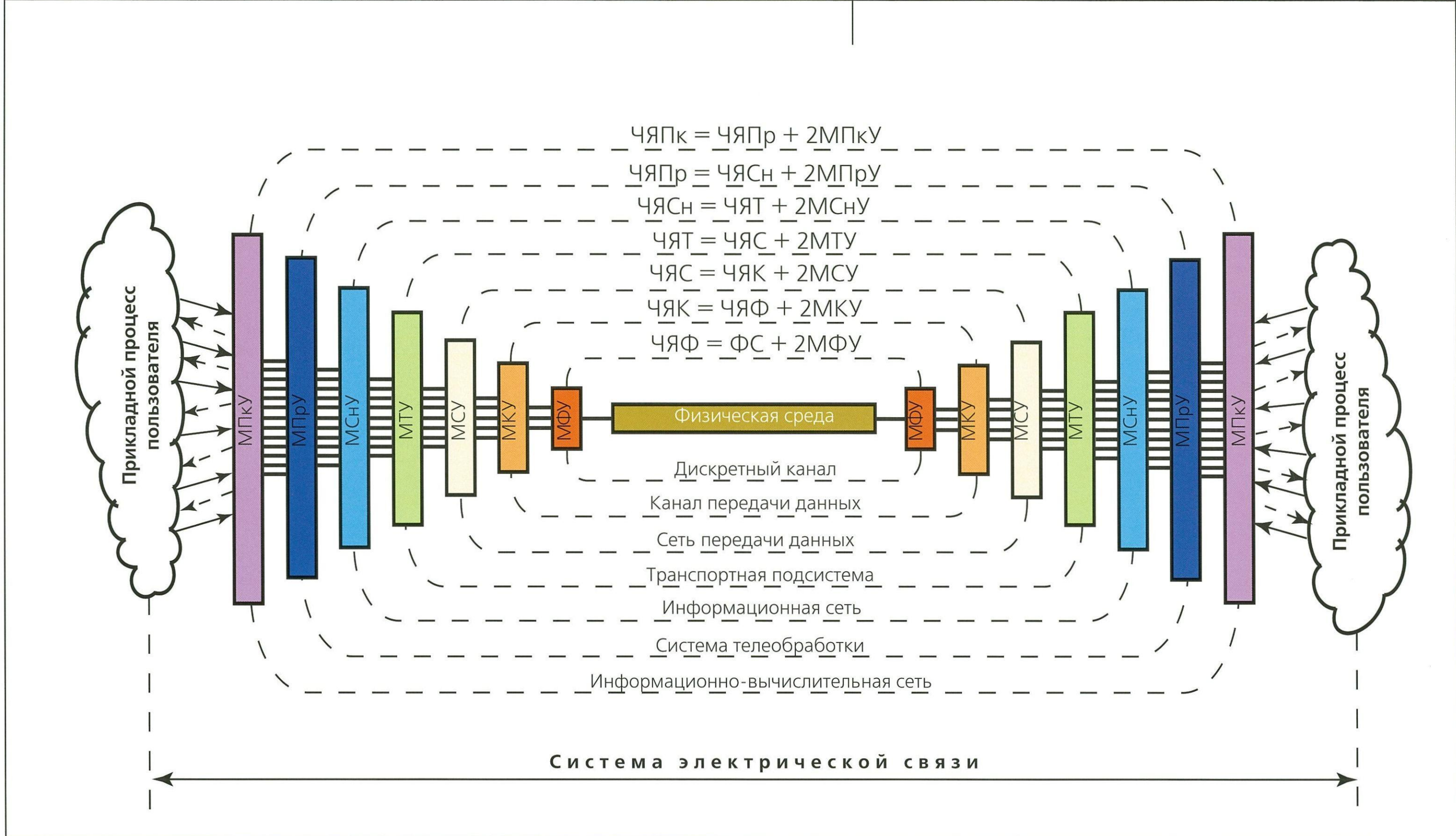
Переноса принципы модели сети ПД-КП на сети с другими методами коммутации, можно представить взаимодействие АС для сетей с КС, КК и КП.

В сети с КС на каждом звене (абонентская или соединительная линия) работают четыре уровня ЭМ ВОС. Объединение их в логическую цепь осуществляется через запоминающие устройства (ЗУ) узлов достаточно большого объема.

В сети с КК на каждом звене сети работает лишь по одному уровню ЭМ ВОС. Их взаимодействие в узлах в единой физической цепи осуществляется через коммутационную систему (КС) узла.

В сети с КП на каждом звене сети работают три уровня ЭМ ВОС. Объединение в единую логическую цепь осуществляется через групповую часть сетевого уровня (МСУГ) с памятью ограниченного объема.

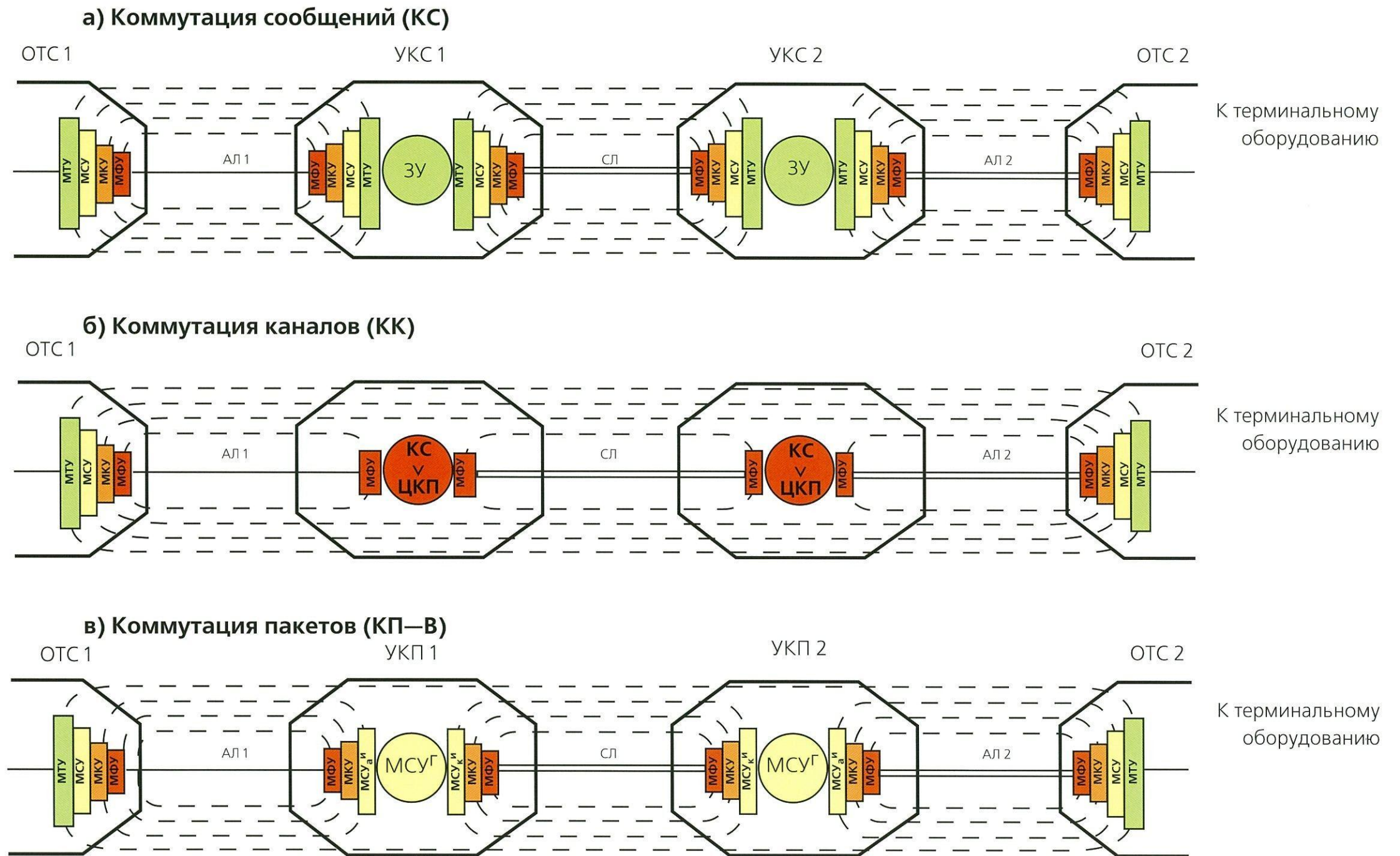




### 2.7. ИВС как система вложенных черных ящиков (ЧЯ)

Принцип независимости функционирования и развития каждого уровня ЭМ ВОС и представление смежных уровней как поставщика и потребителя сервиса позволяет считать каждый уровень неким черным ящиком, в котором для внешнего потребителя интересны лишь входные и выходные параметры. На этой основе эталонную модель взаимодействия открытых систем в сети можно рассматривать как систему вложенных черных ящиков, использующую принцип матрешки: большая поглощает меньшую. Элементарным (неделимым) черным ящиком, рассредоточенным в пространстве, является физическая среда (звенья сети). Все последующие черные ящики также будут рассредоточены в пространстве. В соответствии с принципом ЭМ ВОС каждый последующий (уровневый) черный ящик будет состоять из предыдущего, двух модулей данного уровня и логической оболочки их взаимодействия через сеть.





## 2.8. Логическое взаимодействие оконечных транспортных станций (ОТС) в сети

На основе ранее рассмотренной концептуальной модели сети, взаимодействия АС в сетях с разными методами коммутации и представления сети системой вложенных черных ящиков можно составить любой маршрут в сети как совокупность черных ящиков разного ранга.

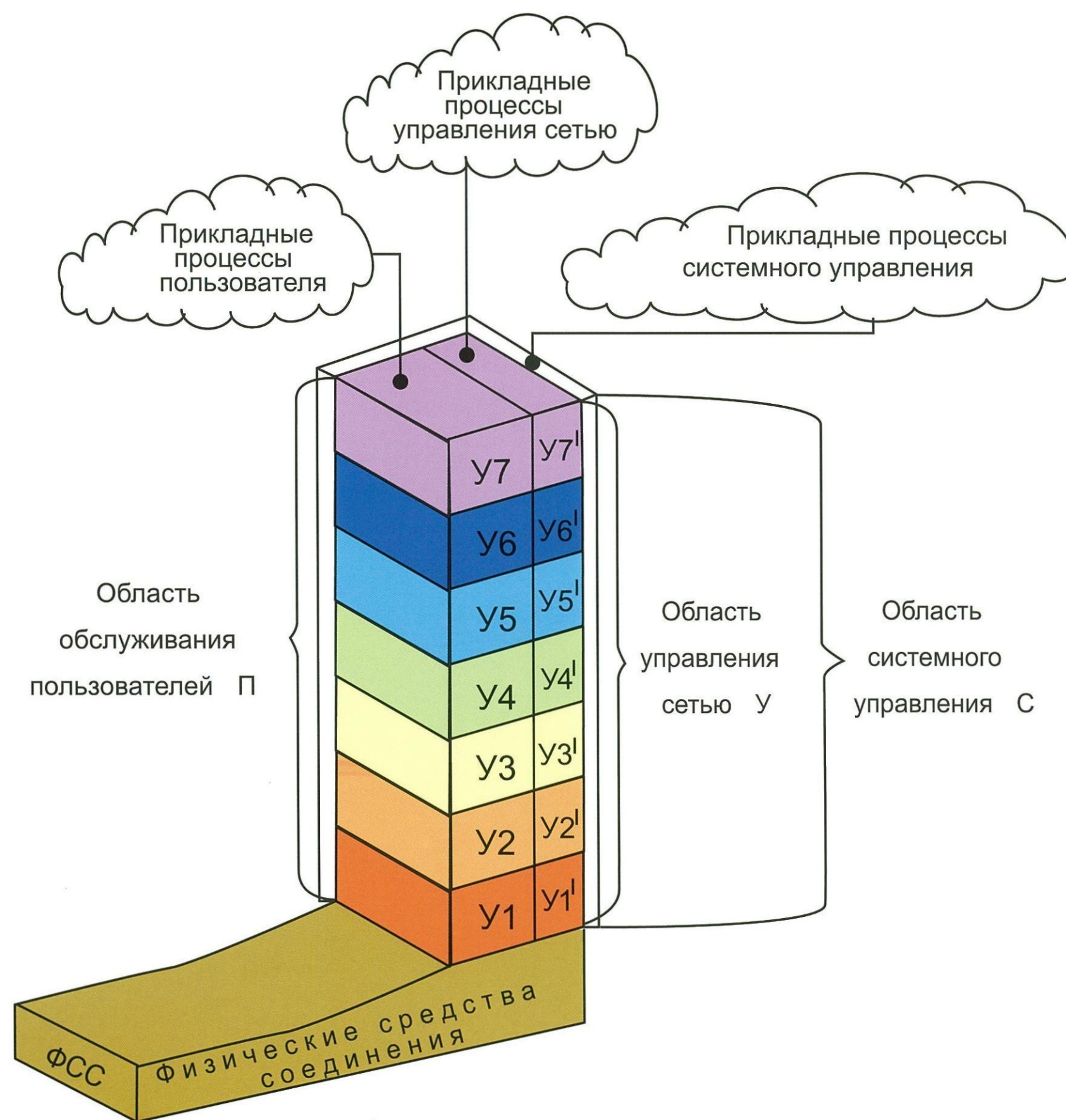
Рисунок представляет простейший однозвенный маршрут в сети, работающей по технологиям КС, КК и КП-В. Для сети с КС взаимодействие ОТС будет определяться каскадным соединением черных ящиков транспортного уровня каждого звена, логически взаимодействующих через ЗУ узлов.

При методе КК черный ящик физического уровня маршрута образуется каскадным соединением трех черных ящиков физического уровня звеньев, соединенных физически через коммутационную систему узлов. Черный ящик физического уровня поглощается черным ящиком канального уровня, затем — черным ящиком сетевого уровня и, наконец, черным ящиком транспортного уровня маршрута.

При методе КП-В три черных ящика сетевого уровня звеньев логически каскадно соединены через МСУГ узлов и все это заключено в черный ящик транспортного уровня маршрута.

Такое представление взаимодействия ОТС можно распространить на сеть более сложной топологии с несколькими независимыми маршрутами. Оно пригодно как для существующих, так и для вновь появляющихся сетевых технологий.





## 2.9. Управление в сети связи

Сеть связи, являясь сложной системой, требует постоянного мониторинга за своей работой и дополняется системой управления, которая обеспечивает контроль за использованием ресурсов, управление потоками, управление качеством услуг, администрирование, ремонт и восстановление технических средств и др. С этих позиций рассмотренная ранее семиуровневая модель ISO/OSI должна выглядеть иначе, чем она была представлена для понимания сути АОС и функций уровней. В ней определены три области:

- П – область обслуживания пользователей (User plane – U), обеспечивающая передачу информации пользователей,

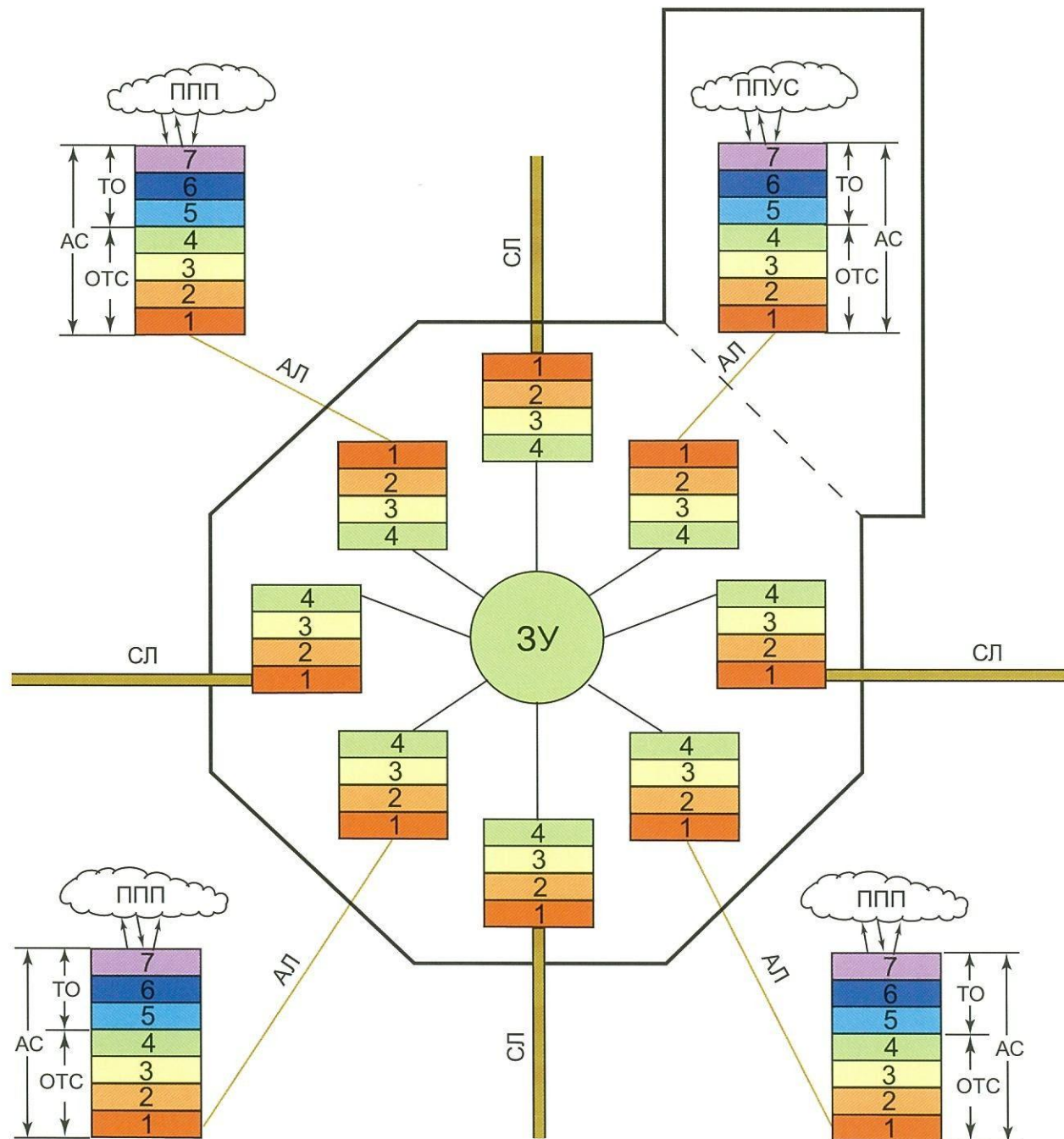
- У – область управления сетью (Control plane – C), обеспечивающая управление соединением и ресурсами,

- С – область системного управления (Management plane – M), обеспечивающая управление уровнями и системное управление.

Первые две имеют уровневую архитектуру: уровни U1–U7 для области П и U1'–U7' для области У и выходят соответственно на прикладные процессы пользователя (ППП) и прикладные процессы управления сетью (ППУС). Последняя не обязательно структурирована по уровням, не пользуется физическими средствами соединения и выходит на прикладные процессы системного управления (ППСУ).



## 2.10.—2.12. Логическая структура узла коммутации сообщений (каналов, пакетов) и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях



2.10. Логическая структура узла коммутации сообщений и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях

Узлы коммутации, реализующие разные методы коммутации, должны вписываться в логическую модель сети вне зависимости от их статуса (оконечный, транзитный) и вида соединения (местное, иногороднее, транзитное). Они имеют некоторые общие признаки, связанные с логикой работы ЭМ ВОС.

Во-первых, каждый узел взаимодействует с абонентскими линиями в терминальной сети и соединительными линиями в базовой сети. Во-вторых, каждый узел должен иметь в своем составе абонентскую систему, обслуживающую прикладные процессы управления сетью (ППУС). В-третьих, сетевое окружение со стороны терминальной сети представляется множеством абонентских систем, обслуживающих прикладные процессы пользователей (ППП). В-четвертых, с логической точки зрения, в каждом узле работают усеченные профили ЭМ ВОС. В-пятых, верхние уровни усеченных профилей объединяются между собой через какой-либо общий элемент. Различие их в зависимости от реализуемого метода коммутации состоит в разном количестве уровней усеченного профиля и физической сущности общего элемента взаимодействия.

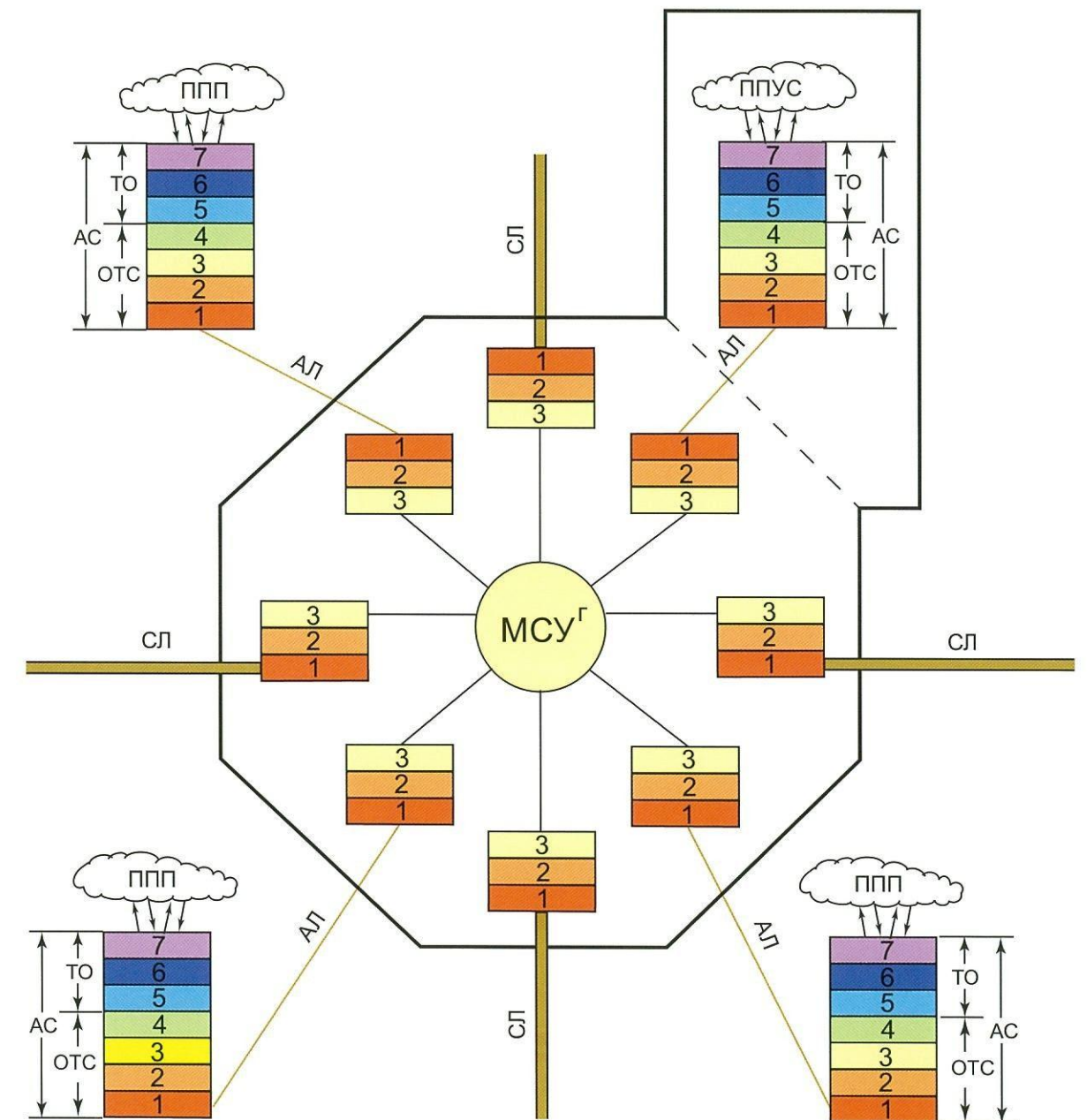
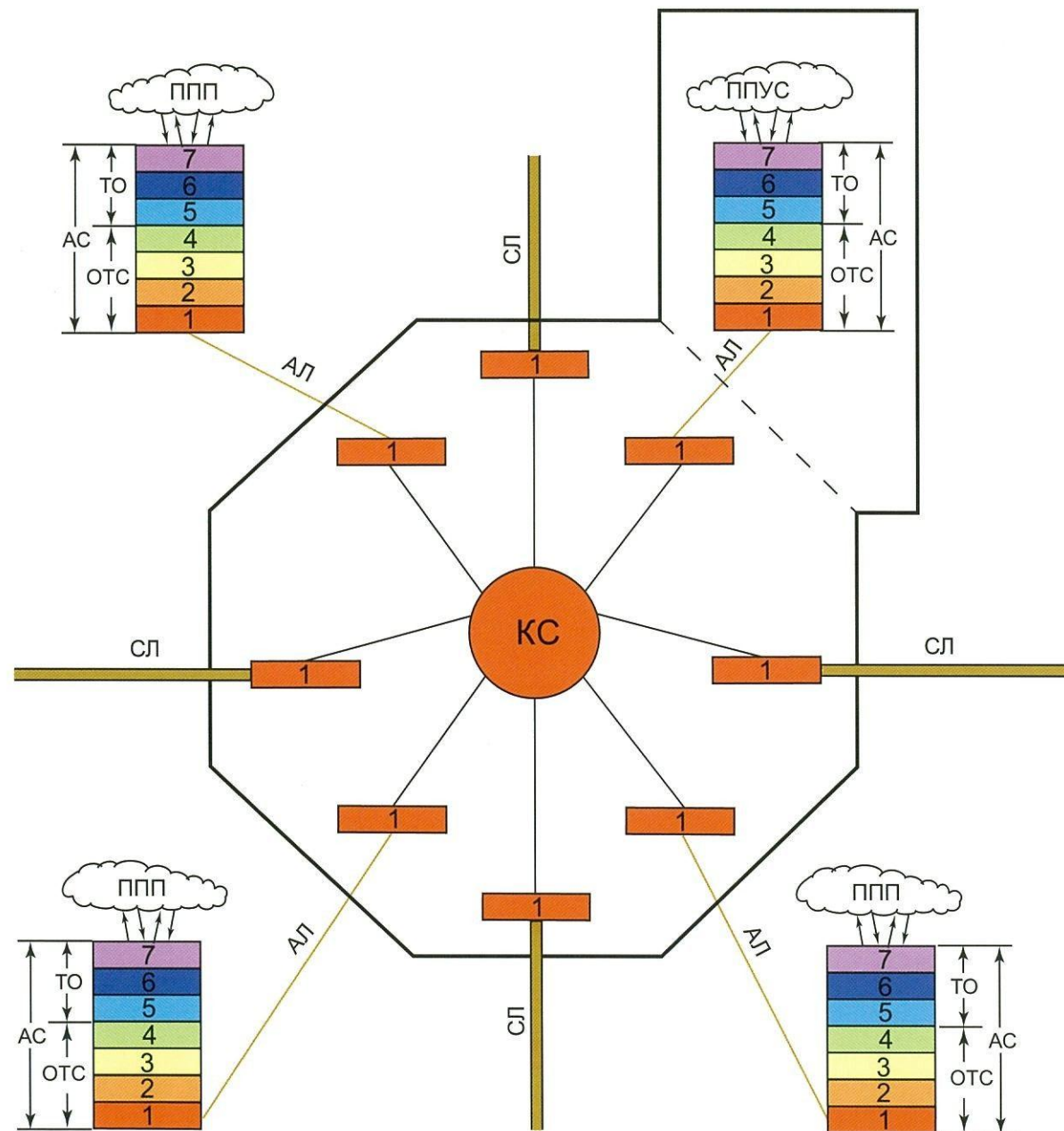
В узле коммутации сообщений (рис. 2.10) усеченный профиль имеет четыре уровня. Сообщения проходят полную обработку (проверка корректности оформления и отсутствие ошибок) и преобразование "сигнал – сообщение" и обратно. Связующим звеном между четырехуровневыми маршрутизаторами является память узла (ЗУ).

В узле коммутации каналов (рис. 2.11) работает лишь физический уровень. Связующим звеном между модулями физического уровня разных звеньев (абонентская или соединительная линия) является коммутационная система. Сигналы проходят сквозь узел без обработки.

В узле коммутации пакетов (рис. 2.12) работают три уровня ЭМ ВОС. Это трехуровневый маршрутизатор, обрабатывающий пакеты на стадии выбора маршрута. Отдельные процедуры (проверка корректности пакета, упорядочение потока, проверка ошибок и др.) выполняются индивидуальной частью сетевого уровня (МСУ<sup>И</sup>), а другие (маршрутизация, статистическое уплотнение, контроль соединения и др.) – групповой частью сетевого уровня (МСУ<sup>Г</sup>), являющейся связующим элементом между усеченными профилями звеньев.



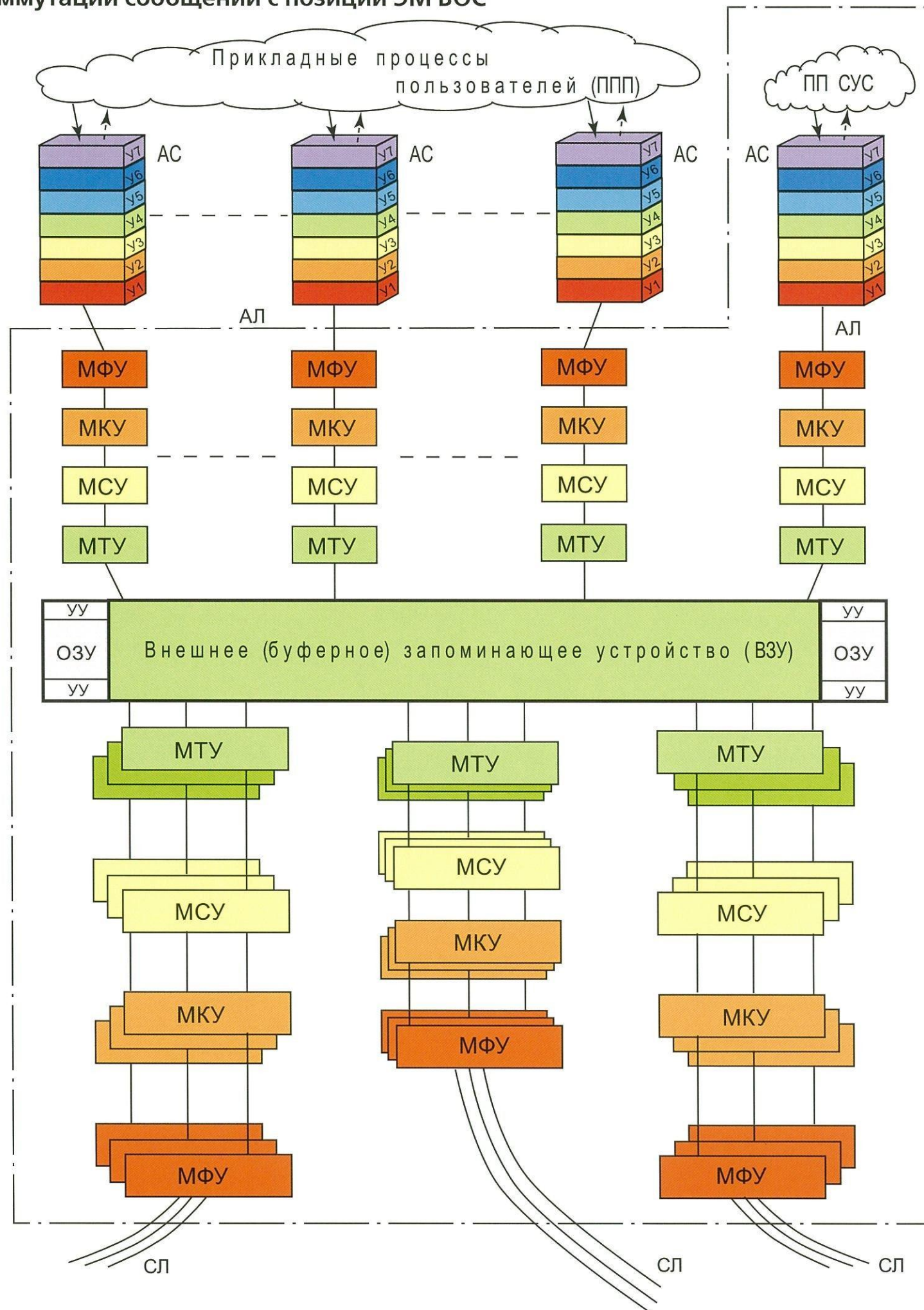
2.11. Логическая структура узла коммутации каналов и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях



2.12. Логическая структура узла коммутации пакетов и его взаимодействия в терминальной и базовой сетях



### 2.13. Узел коммутации сообщений с позиций ЭМ ВОС



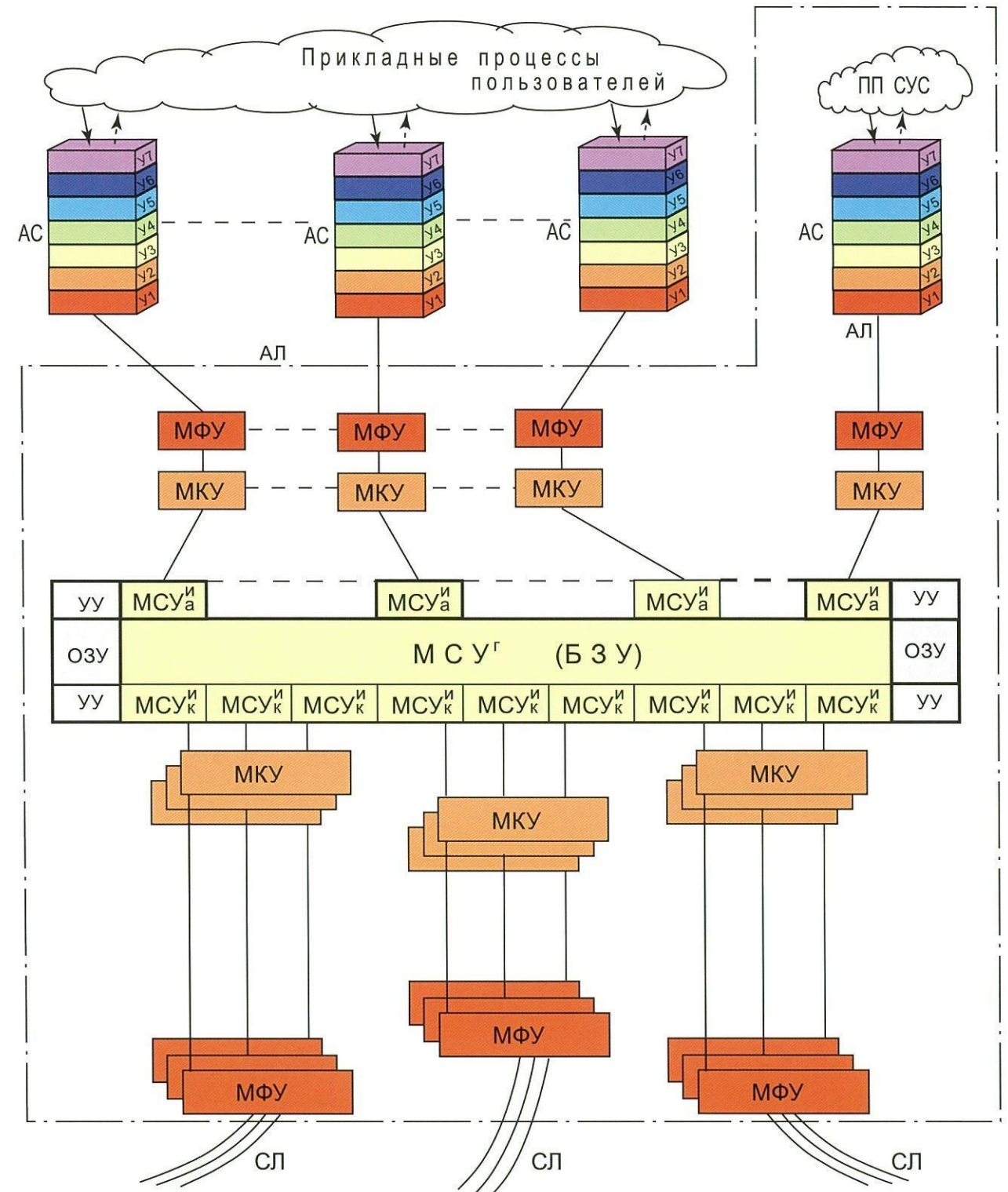
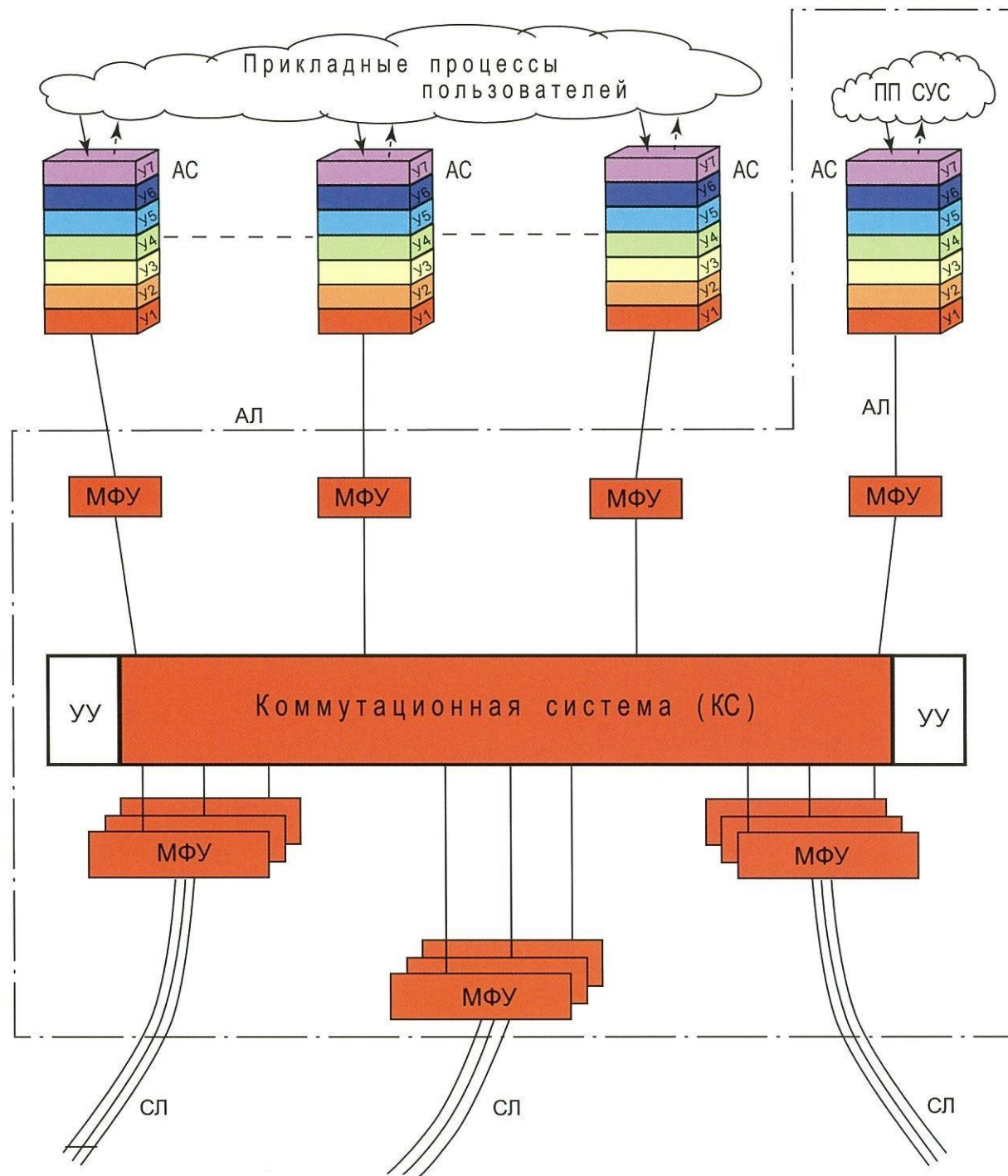
### 2.13-2.15. Узел коммутации сообщений (каналов, пакетов) с позиций ЭМ ВОС

Единый подход к логической структуре узлов коммутации, применяющих разные сетевые технологии, дает основание применить его и к физической структуре узлов.

Общим в таком подходе является то, что при сохранении логики работы в узлах модули усеченных профилей внутри узла структурированы по-разному со стороны терминальной и базовой сетей. Со стороны терминальной сети они представлены в индивидуальном наборе по числу абонентских систем (включая и АС для обслуживания прикладного процесса системы управления сетью - ППСУС), а со стороны базовой сети - сгруппированы по количеству направлений, исходящих из узла. Общие связующие элементы между ними сохранены (ОЗУ, МСУ, МКУ). Но для методов КС и КП запоминающее устройство разбито на оперативное (ОЗУ) и внешнее (ВЗУ для КС) или буферное (БЗУ для КП). Кроме того, в общей части узлов показано устройство управления (УУ), обеспечивающее обработку адреса, управление коммутационной системой (при КК), управление распределением сообщений (при КС) или их частей (при КП), дисциплиной очередей, архивацией сообщений, ведением журнала и пр. В таком виде представлены разные узлы коммутации: коммутации сообщений (рис. 2.13), коммутации каналов (рис. 2.14), коммутации пакетов (рис. 2.15)



2.14. Узел коммутации каналов с позиций ЭМ ВОС



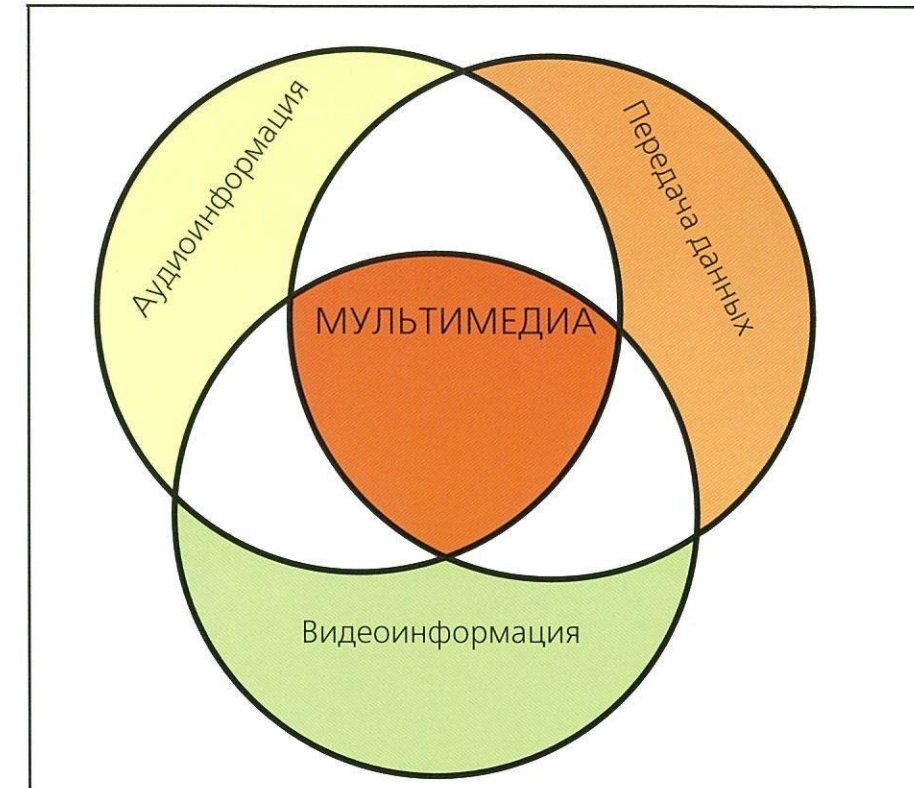
2.15. Узел коммутации пакетов с позиций ЭМ ВОС



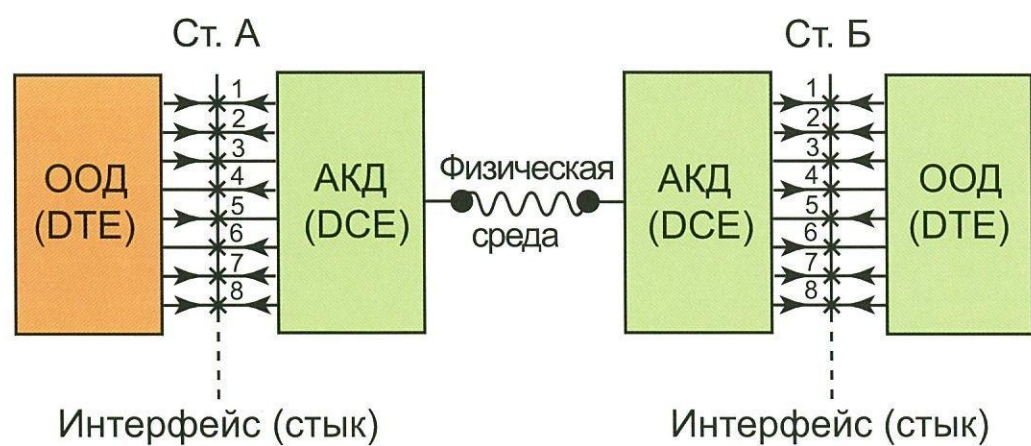
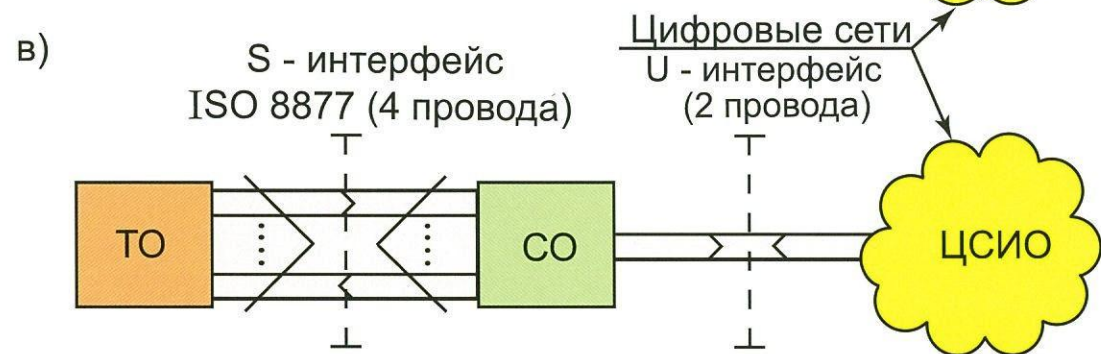
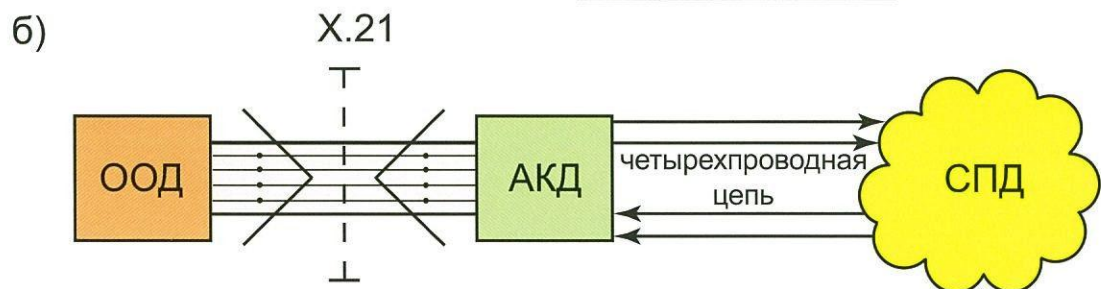
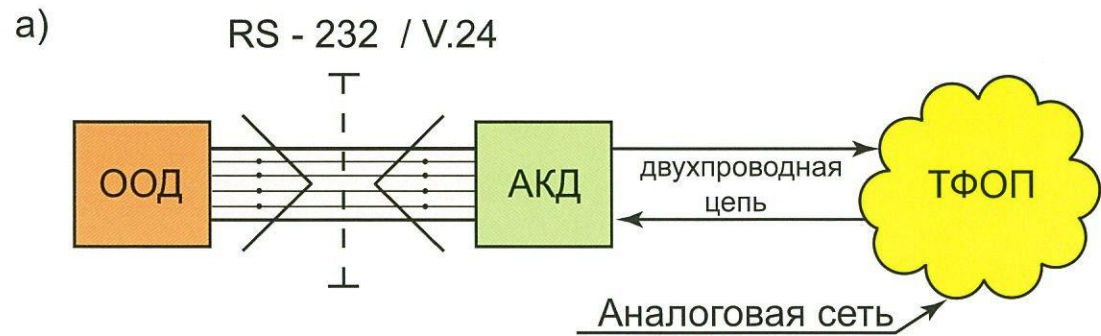
# РАЗДЕЛ 3

## СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СТАНДАРТЫ

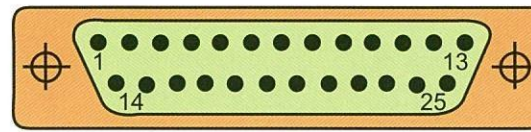
- 3.1. Интерфейсы физического уровня
- 3.2. Классификация протоколов канального уровня
- 3.3. Основы протокола HDLC
- 3.4. Структура и типы кадров протокола HDLC
- 3.5. Взаимодействие двух комбинированных станций в сбалансированной конфигурации на звене
- 3.6. Технология коммутации пакетов X.25
- 3.7. Управление потоком методом "скользящего окна"
- 3.8. Порядок работы сети ПД-КП по протоколу X.25
- 3.9. Динамика работы четырех нижних уровней ЭМ ВОС в сети
- 3.10. Динамика работы четырех нижних уровней ЭМ ВОС в сети (продолжение)
- 3.11. Технологии локальных сетей
- 3.12. Технологии глобальных сетей
- 3.13. Технология ATM
- 3.14. Ассоциативные системы (повторители, мосты, маршрутизаторы, шлюзы)
- 3.15. Протоколы верхних уровней
- 3.16. Эволюция сетевых технологий



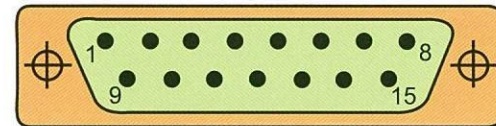




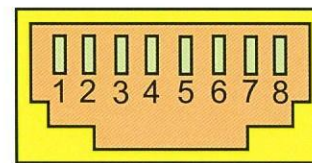
DB - 25



DB - 15



RJ - 45

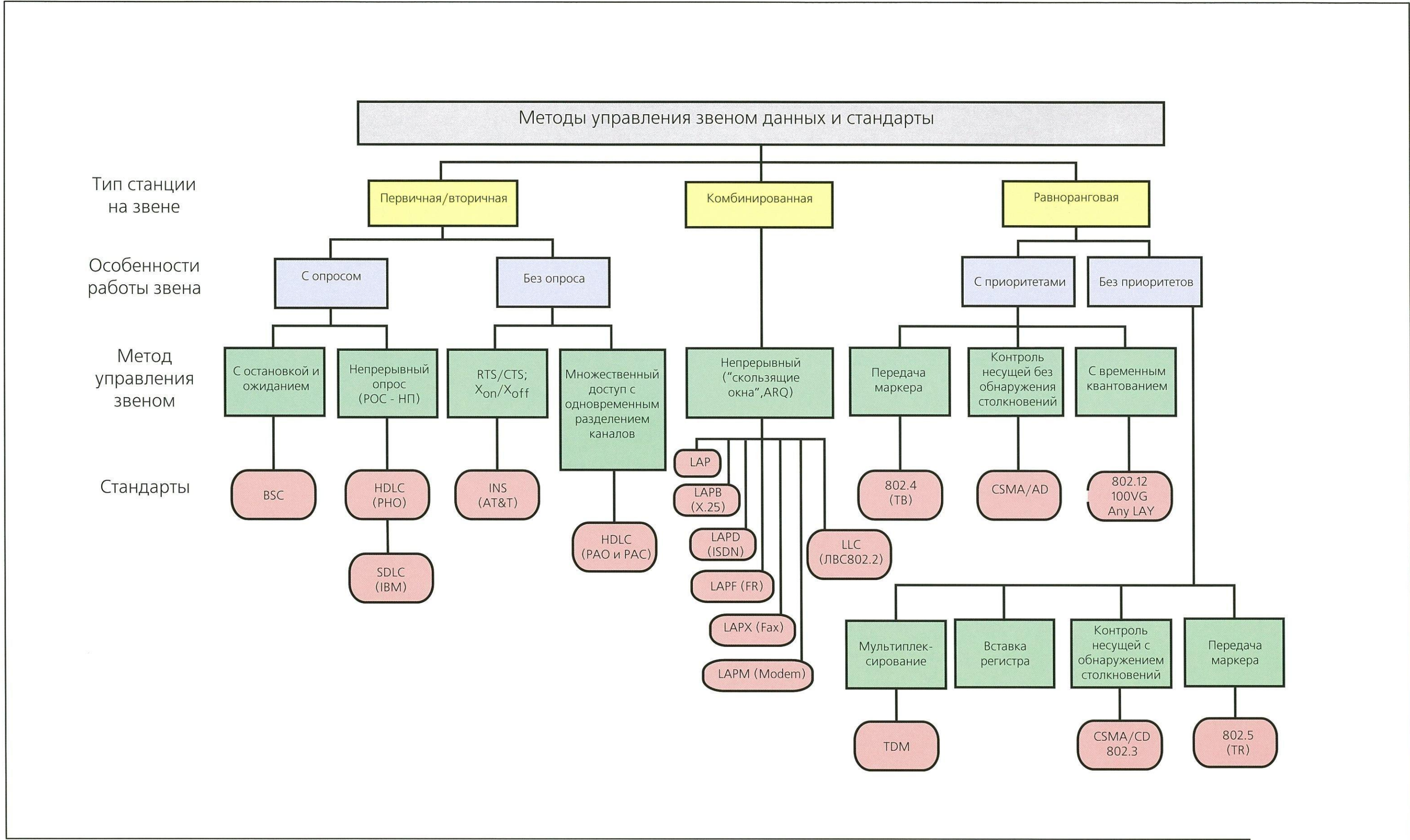


### 3.1. Интерфейсы физического уровня

Физический уровень является самым первым в ЭМ ВОС, его основные функции связаны с физическими процессами. Вот почему здесь больше внимания уделено интерфейсам. При этом в стандартах физического уровня учтены особенности физических сред (проводных, волоконно-оптических, радиорелейных, спутниковых) и систем передачи (аналоговых, цифровых). Из множества существующих стандартов показаны RS-232/V.24 для аналоговых сетей и коннектор DB-25, X.21 для цифровых сетей и коннектор DB-15, ISO-8877 и коннектор RJ-45. Несмотря на различие в количестве активных цепей и форме разъема, все они имеют по восемь основных цепей, показанных в таблице.

Но- мер точки ин- тер- фей- са	Наименование цепи	Направление передачи	Обозначение цепей интерфейса в различных стандартах		
			RS- 232C	X.21	V.24 (C2)
1	Защитное заземление	Двустороннее	1	G(Ground)	101
2	Рабочее заземление	Двустороннее	7	Ga(Ground act)	102
3	Передаваемые данные	ООД → АКД	2	T(Transmit)	103
4	Принимаемые данные	ООД ← АКД	3	R(Recieve)	104
5	Запрос передачи	ООД → АКД	4	C(Control)	105
6	Готовность к передаче	ООД ← АКД	5	I(Indication)	106
7	Синхронизация от ООД	ООД → АКД	16	TxC(Sinch.T)	111
8	Синхронизация от АКД	ООД ← АКД	17	RxC(Sinch.R)	115

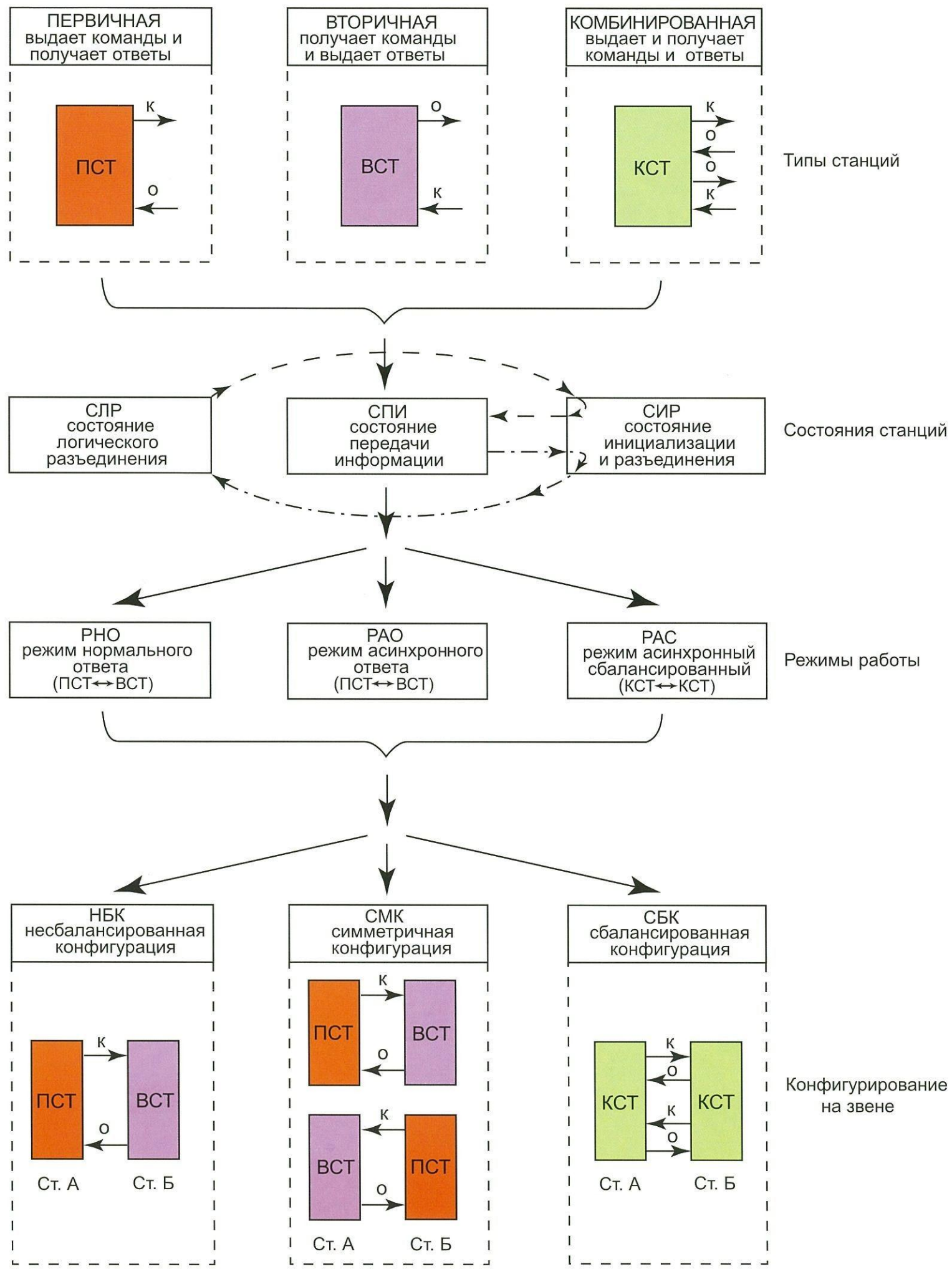




### 3.2. Классификация протоколов канального уровня

Канальный уровень обеспечивает, прежде всего, контроль качества передачи и управление процедурами повышения качества. В разных сетевых технологиях в зависимости от типа и размера сетей это делается по-разному. Отсюда и многообразие методов защиты, методов управления, стандартов. Классификация выполнена по разным признакам в зависимости от типа станций, выбранного режима работы, метода управления на звене.

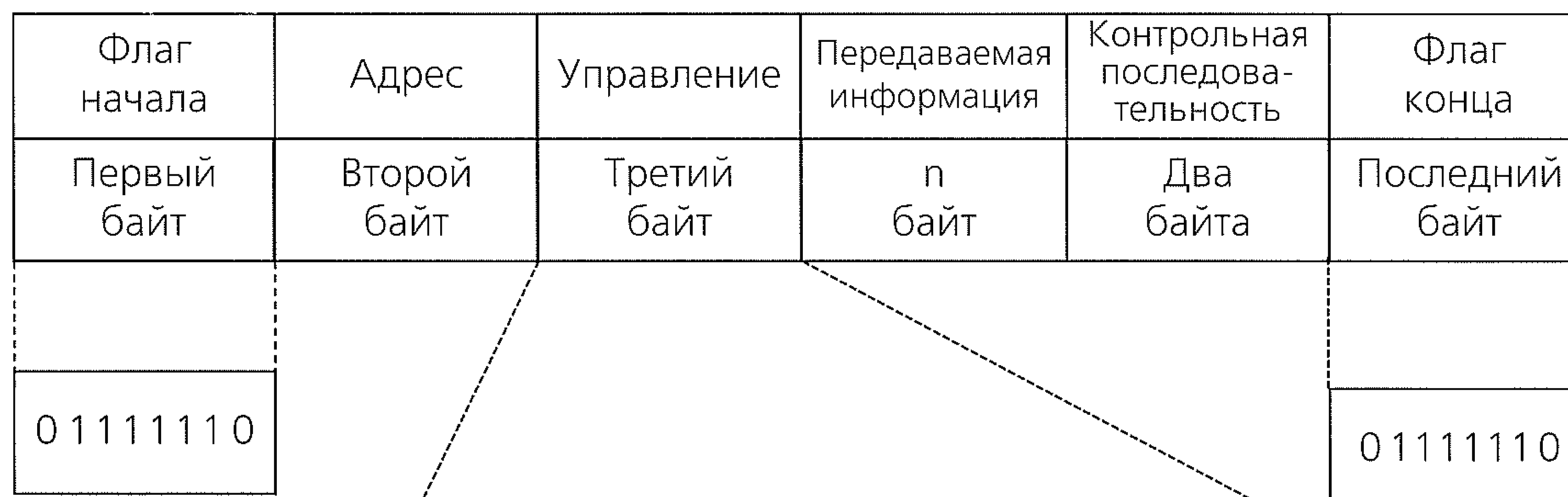




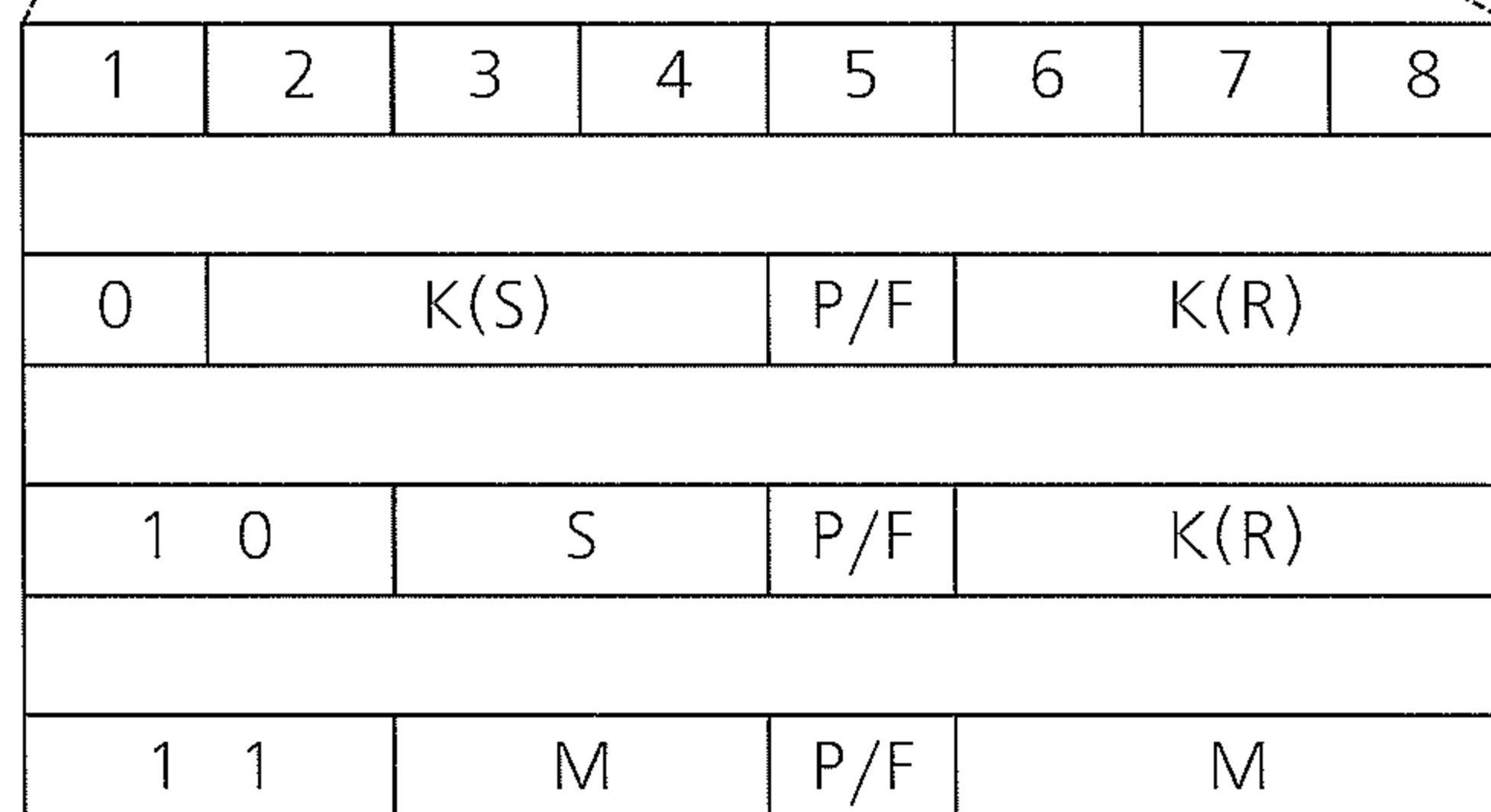
### 3.3. Основы протокола HDLC

Протокол HDLC (High Data Link Control) является родовым, основополагающим в семействе протоколов канального уровня. Поэтому понятия, связанные с ним, распространяются на все подклассы протоколов этого уровня в локальных и глобальных сетях. Приведенная таблица-классификация представляет основные понятия семейства протоколов канального уровня, используемые в дальнейшем.





Номер бита



K(S) – циклический номер передаваемого кадра;  
 K(R) – циклический номер принимаемого кадра;  
 S – порядковый номер супервизорного кадра;  
 M – порядковый номер U-кадра (модификатор кадра);  
 P/F – бит запроса/окончания

I-кадр  
 S-кадр  
 U-кадр

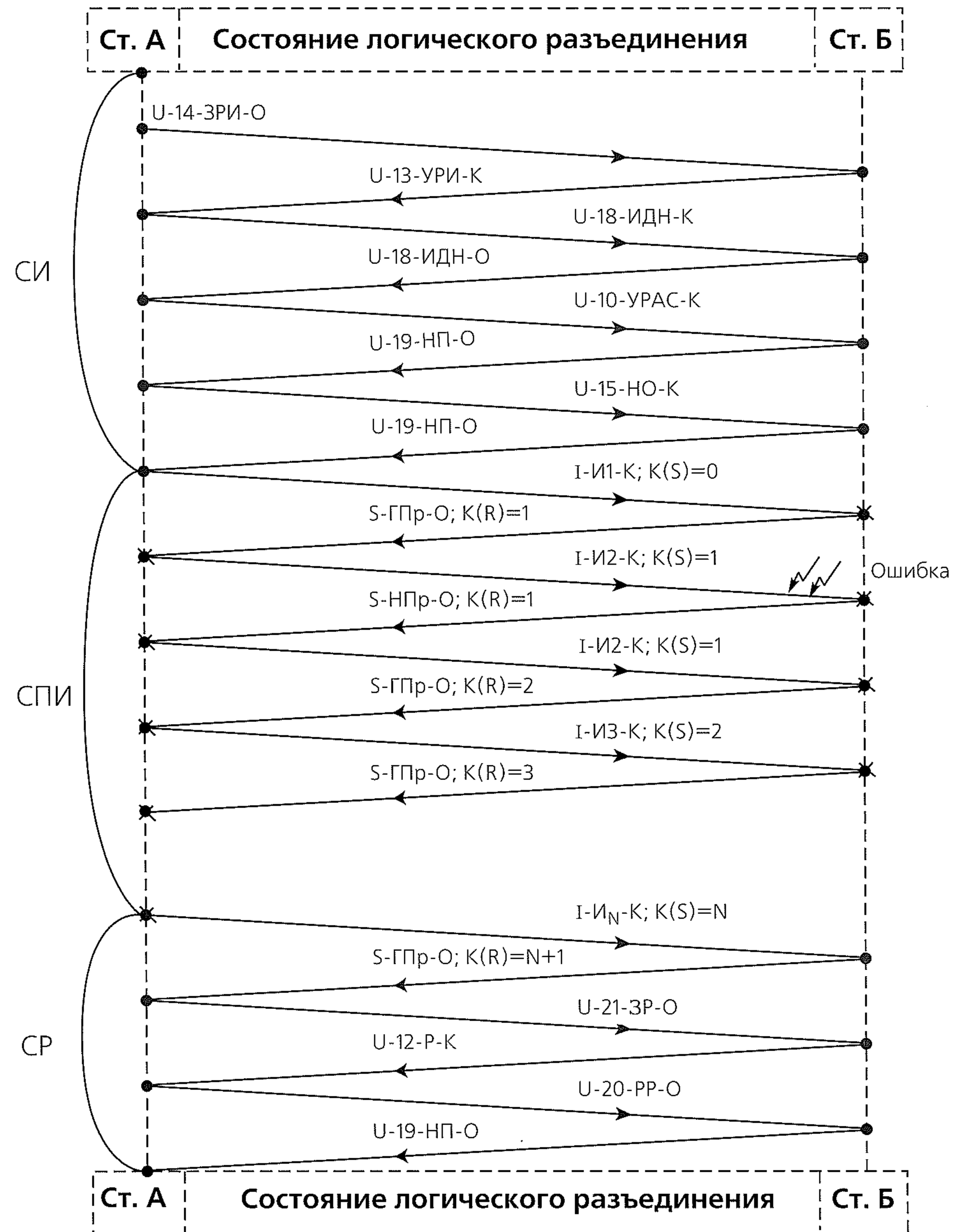
### 3.4. Структура и типы кадров протокола HDLC

Сервисным блоком данных канального уровня (СБД-КНЛ) является кадр (frame). В разных сетевых технологиях он разный, но общая структура его не меняется: разграничительные флаги, адрес, управление, информационное поле, проверочная последовательность. На рисунке представлена детальная структура кадра HDLC и его типы с определением их функций.

Номер кадра	Наименование кадра	Сокращение	Функция кадра
1	Информационный	И	К/О
	Супервизорные		
2	К приему готов	ГПр	К/О
3	К приему не готов	НГПр	К/О
4	Неприем (отказ)	НПр	К/О
5	Выборочный неприем	ВНПр	К/О
	Ненумерованные		
6	Установить режим нормального ответа	УРНО	К
7	Установить расширенный РНО	УРНО-Р	К
8	Установить режим асинхронного ответа	УРАО	К
9	Установить расширенный РАО	УРАО-Р	К
10	Установить режим асинхронный сбалансированный	УРАС	К

Номер кадра	Наименование кадра	Сокращение	Функция кадра
11	Установить расширенный РАС	УРАС-Р	К
12	Разъединить	Р	К
13	Установить режим инициализации	УРИ	К
14	Запрос режима инициализации	ЗРИ	О
15	Ненумерованный опрос	НО	К
16	Сброс	СБР	К
17	Информационный (нечисловый)	ИН	К/О
18	Идентификация станции	ИДН	К/О
19	Нечисловое подтверждение	НП	О
20	Режим разъединения	РР	О
21	Запрос разъединения	ЗР	О
22	Неприем кадра	НК	К/О



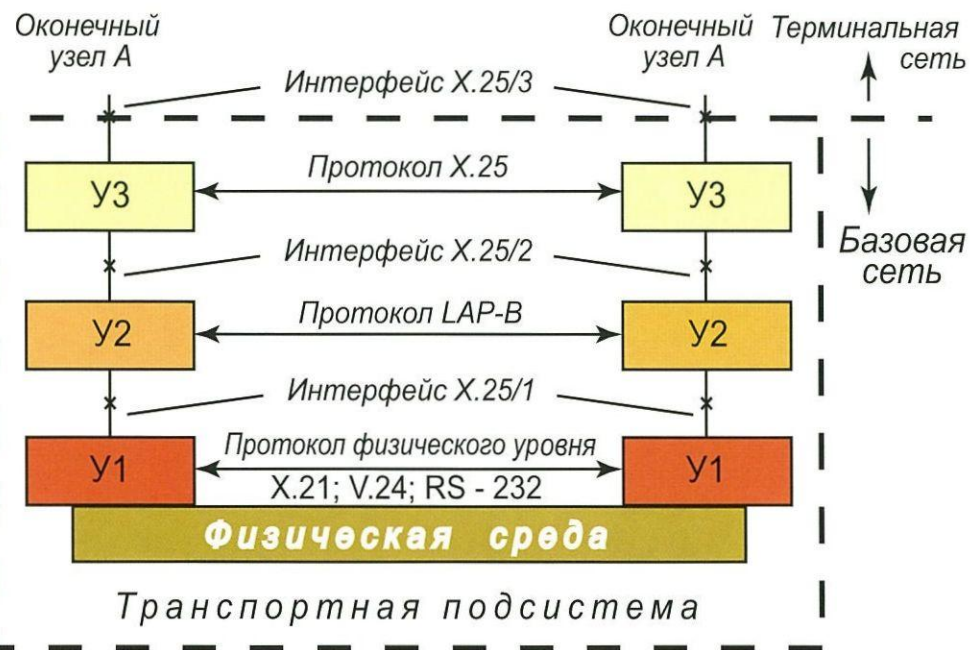


### 3.5. Взаимодействие двух комбинированных станций в сбалансированной конфигурации на звене

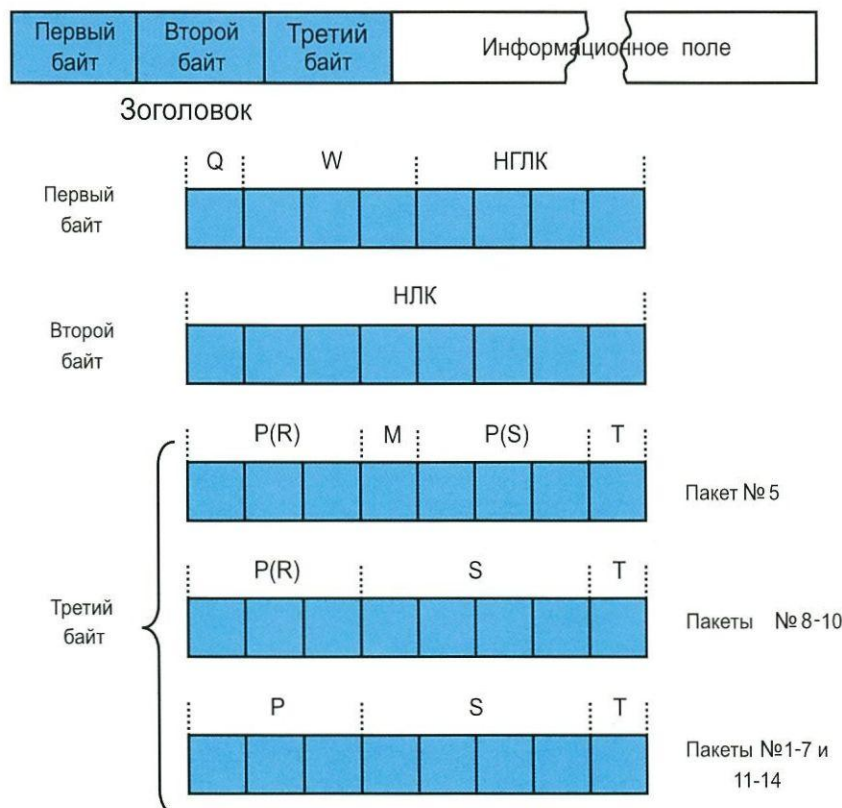
Используя ранее введенную терминологию и типы кадров протокола HDLC, можно рассмотреть один из примеров работы звена сети. Здесь представлена последовательность фаз работы: пассивное состояние → переход в рабочее состояние → состояние передачи (в том числе и процедура исправления ошибок) → выход из рабочего состояния → пассивное состояние. Такого рода диаграммы могут быть составлены для других ситуаций, например, для коммутируемой сети, для взаимодействия первичной и вторичной станций, для разных конфигураций и др.



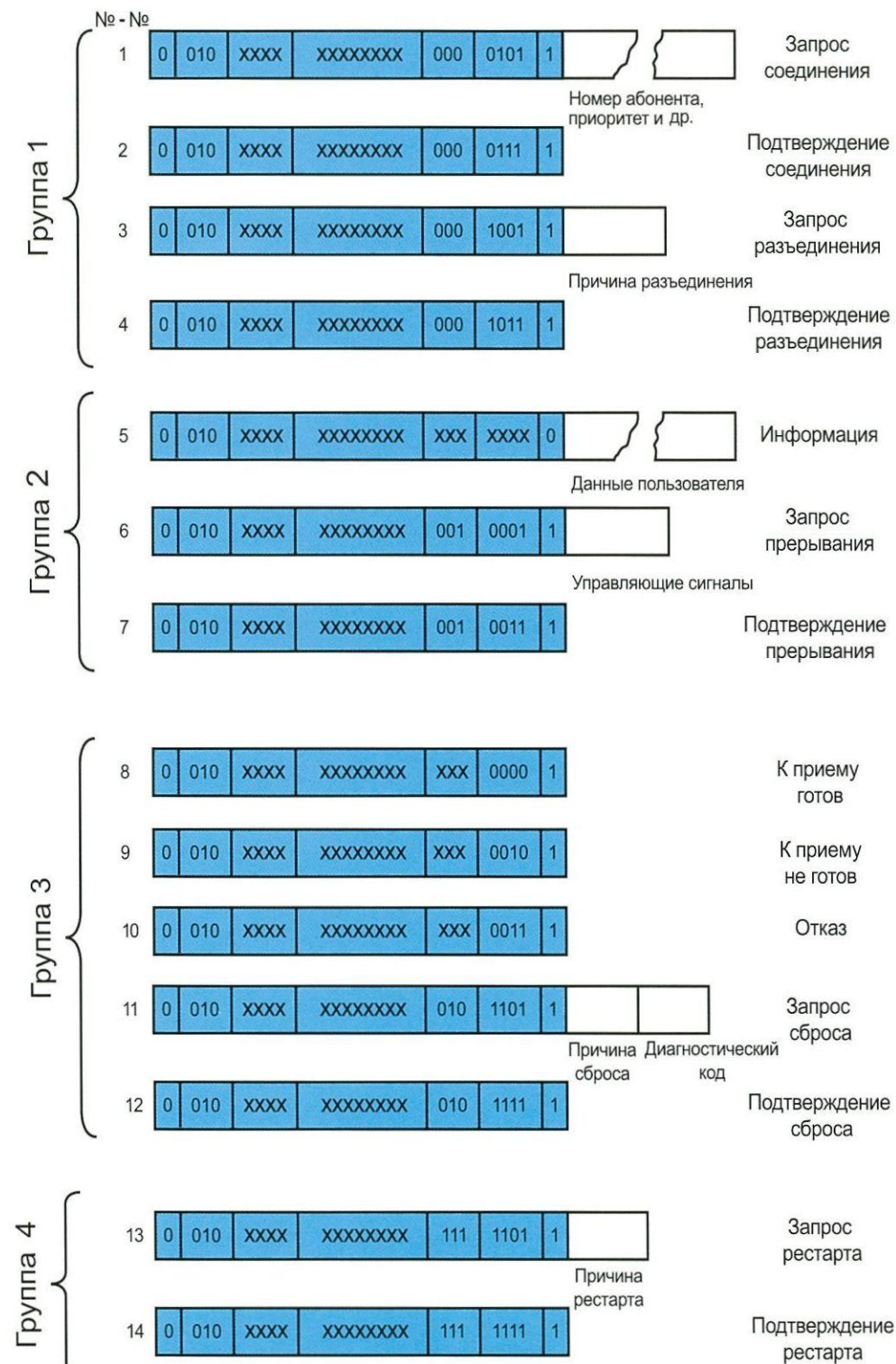
### а) Стек протоколов X.25



### б) Общая структура пакета



### в) Типы пакетов



### 3.6. Технология коммутации пакетов X.25

Технология X.25, достаточно полно поддержанная международными стандартами, является первой технологией пакетной коммутации, широко распространенной в аналоговых сетях связи с "шумящими" каналами. Это стандарты третьего, сетевого уровня ЭМ ВОС. Чистый X.25-сервис предоставляется на стыке третьего и четвертого уровней, и поэтому стек протоколов пакетной коммутации трехуровневый.

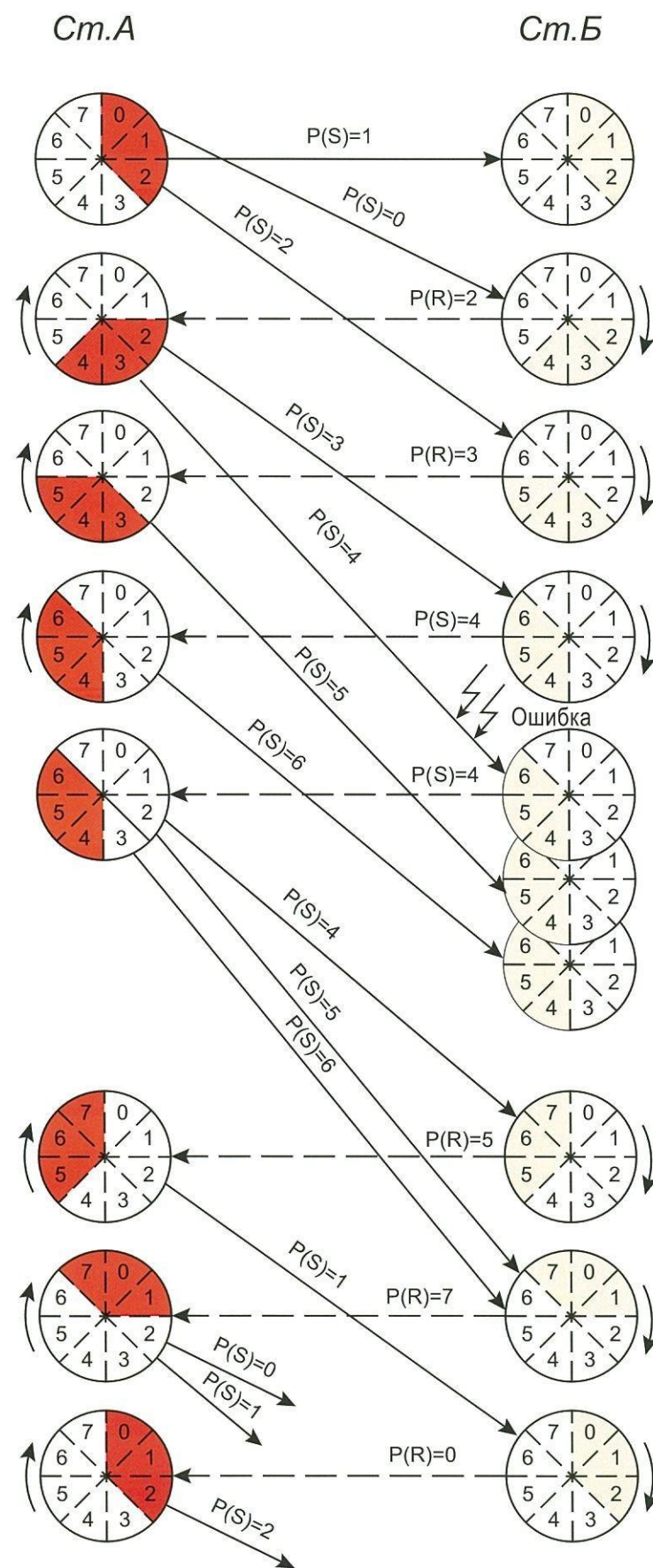
Сервисным блоком данных сетевого уровня (СБД-СТВ) является пакет. В общем виде пакет содержит заголовок (3 байта) и информационное поле. Заголовок несет информацию о типе пакета (служебный, информационный), номере группы логических каналов (НГЛК), номере логического канала в группе (НЛК), циклическом номере передаваемого P(S) и принимаемого P(R) пакета и некоторые другие сведения. Информационное поле в служебных пакетах может отсутствовать. В информационном пакете поле данных пользователя имеет переменную длину.

Протоколом X.25 предусмотрено 14 разных пакетов, объединенных в группы. Группа 1 (пакеты № 1–4) служит для организации виртуального канала и его разъединения. Группа 2 включает пакет № 5 с данными пользователя, передаваемый в режиме нормальной передачи данных (НПД), и пакеты № 6 и 7 для организации процедуры прерывания, когда необходим режим срочной передачи данных (СПД). Группа 3 включает пакеты № 8–10 для управления потоком и исправлением ошибок и пакеты № 11, 12 для приведения виртуального канала в исходное состояние (сброс) в случае его неисправности. Группа 4 (пакеты № 13 и 14) обеспечивает приведение в исходное состояние всех виртуальных каналов направления (рестарт).



**б) Управление потоком пакетов с помощью восьмипозиционного окна шириной в 3 пакета**

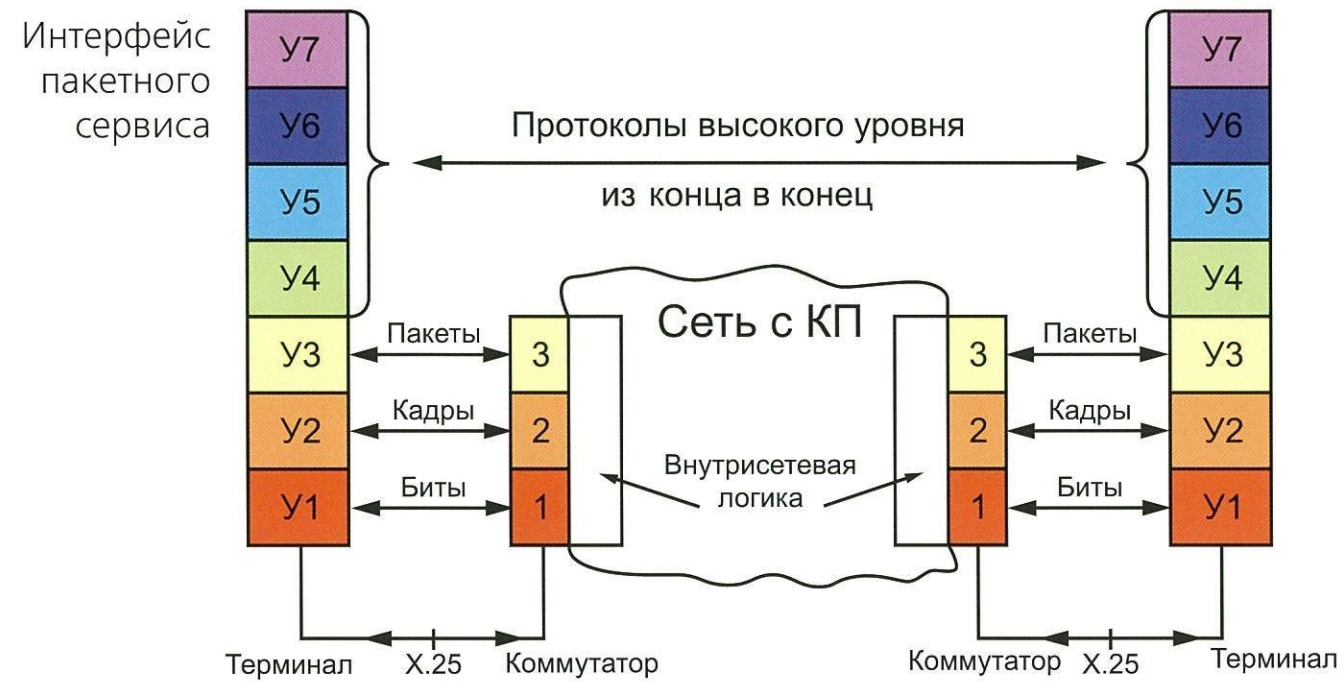
**а) Понятие "окна"**



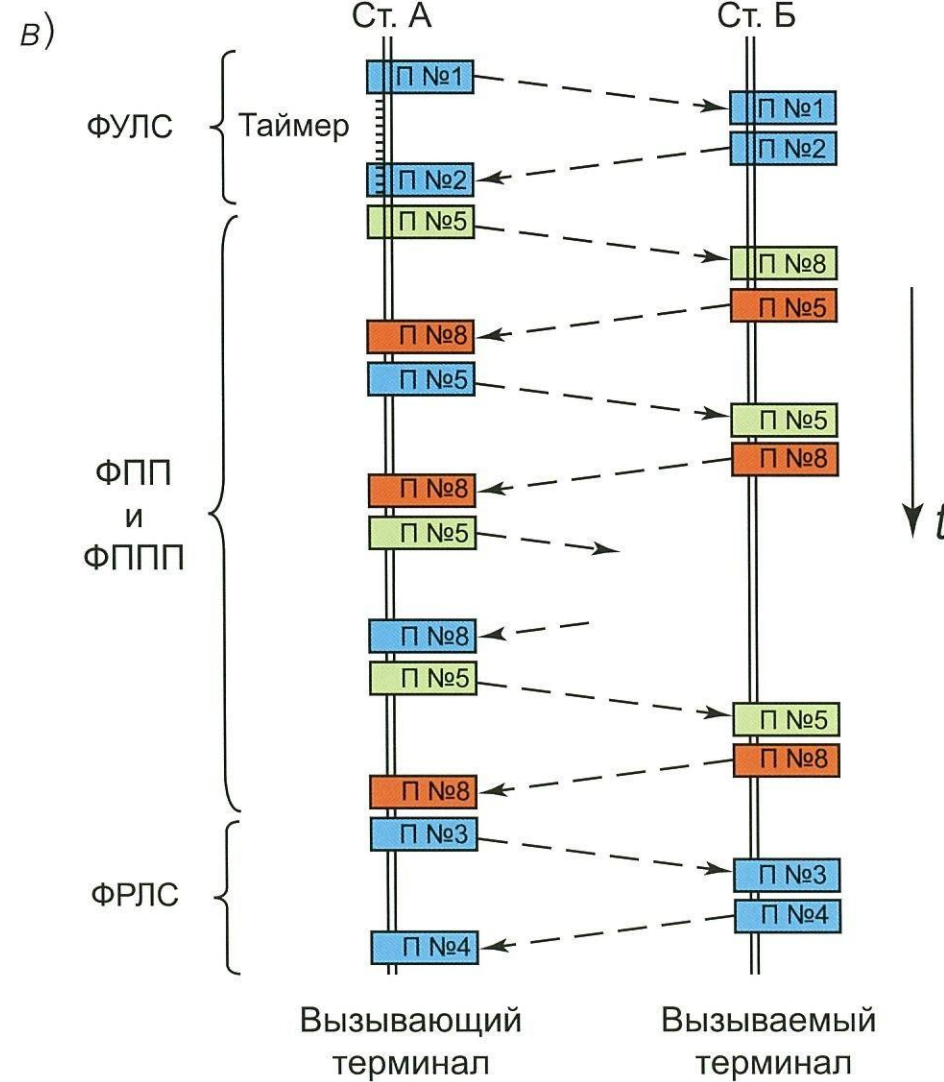
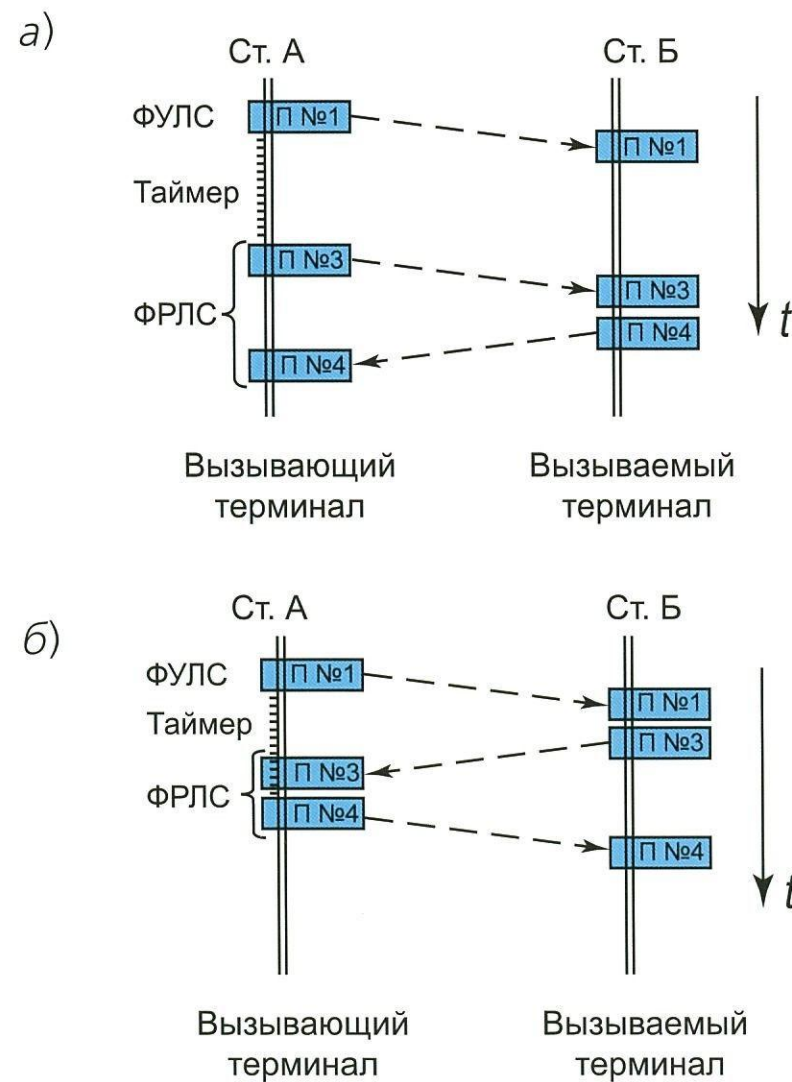
**3.7. Управление потоком методом "скользящего окна"**

При передаче пакетов в протоколе X.25 предусмотрена их циклическая нумерация. Для наземных каналов она производится по mod 8 (от 0 до 7), а для спутниковых — по mod 128 (от 0 до 127). В стадии передачи обычно находятся не все пакеты цикла, а их часть, которая попадает в "окно". Квитанция о правильности приема пакета может поступать от приемной стороны после приема каждого пакета или группы пакетов, попадающих в окно. Количество пакетов в этой группе называется шириной окна. В случае нормального режима работы окно перемещается в пределах цикла и предоставляется возможность передачи следующих по номеру пакетов. Окна на передающей и приемной станциях должны быть в одинаковых позициях. В случае ошибочного приема перемещение окна прекращается. Перемещение окна на приемной станции возможно только в том случае, если правильно приняты в его пределах пакеты упорядочены относительно левой границы окна и на столько шагов, сколько таких пакетов находится в его пределах. На передающей станции перемещение окна осуществляется при приеме управляющего или встречного информационного пакета с определенным номером P(R) так, что левая граница окна должна соответствовать указанному номеру. На рисунке показаны положения окон на приемной и передающей станциях в пределах одного цикла в различных ситуациях.





Сеть ПД-КП



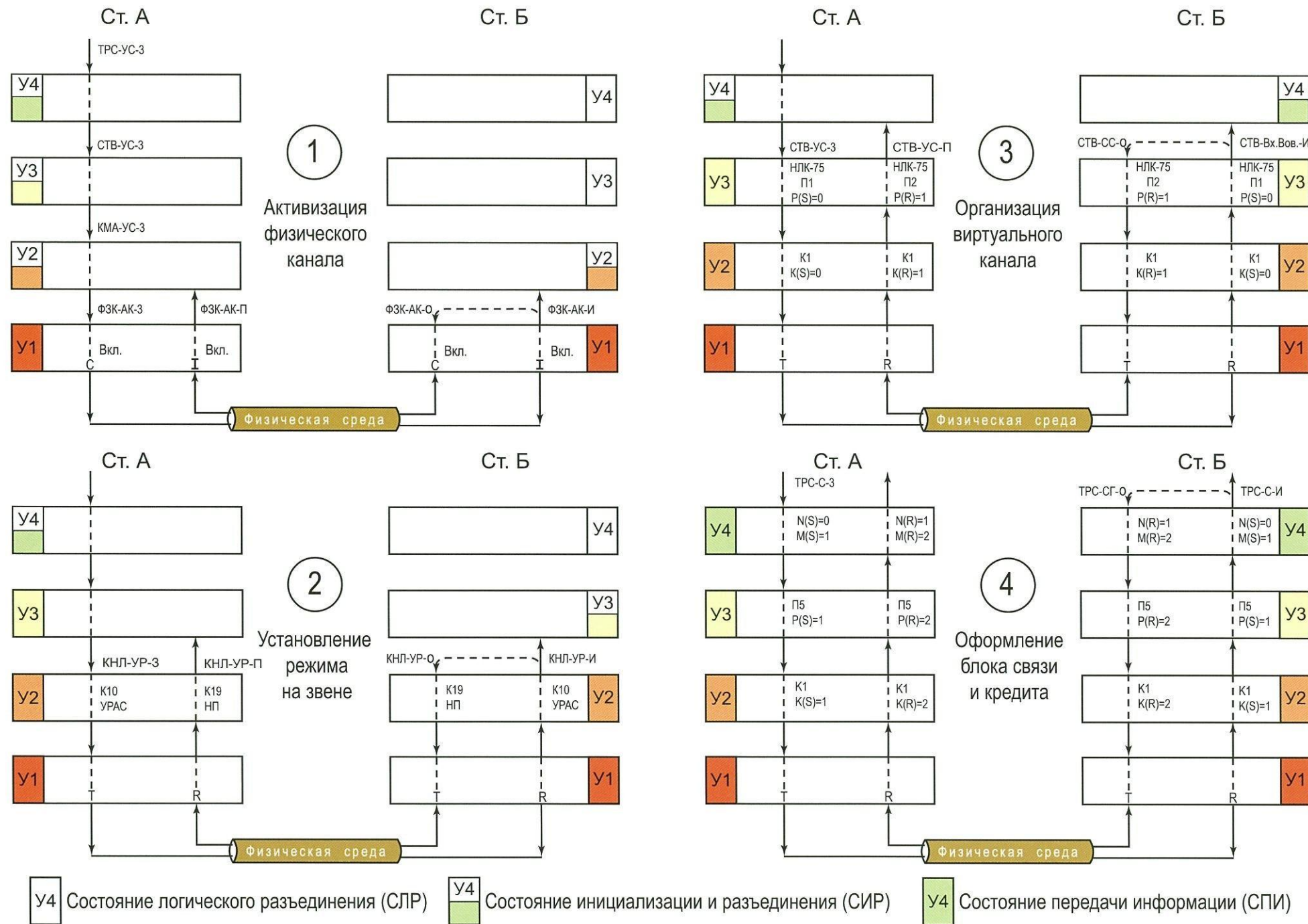
### 3.8. Порядок работы сети ПД-КП по протоколу X.25

В сети ПД-КП оконечные открытые системы (ОС) имеют семиуровневую архитектуру, а все транзитные ОС – трехуровневую. В процессе работы такой сети возможны различные ситуации. В фазе установления логического соединения (ФУЛС) возможен неблагоприятный исход по причине не получения ответа от противоположной станции за время тайм-аута (случай а) или по причине отказа, например, из-за занятости (случай б). Нормальный режим работы (случай в) складывается из трех фаз: фаза установления логического соединения (ФУЛС), фаза передачи и подтверждения правильности приема пакета (ФПП и ФППП), фаза разъединения логического соединения (ФРЛС). В крайних фазах используются пакеты группы 1, а в средней фазе в режиме НПД – пакеты группы 2.

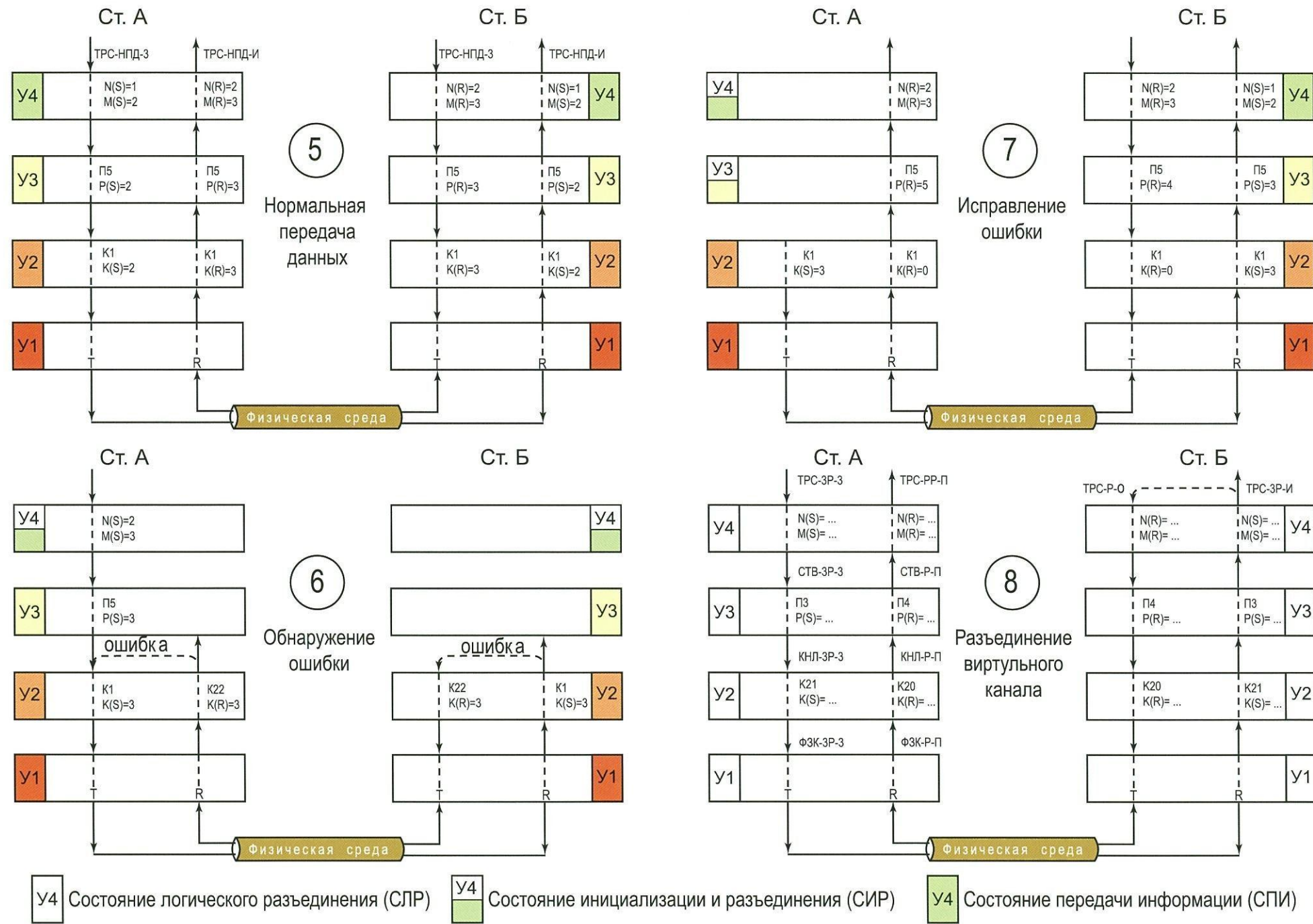


**3.9 и 3.10. Динамика работы четырех нижних уровней ЭМ ВОС в сети ПД-КП**

На рисунках показан процесс последовательной активизации, работы в разных стадиях и деактивизации уровней сети связи в сети X.25. Активизация осуществляется снизу вверх через прохождение нескольких состояний. Сначала активизируется физический уровень и на звене организуется физический канал между смежными ОС (фаза 1), затем начинает работать каналный уровень, обеспечивая установление на звене одного из возможных режимов работы (фаза 2). После этого за данной заявкой закрепляется виртуальный канал на сетевом уровне с уникальным номером (фаза 3). И, наконец, на четвертом транспортном уровне формируется блок связи, закрепляя за данной заявкой определенный уровень сервиса (фаза 4). Начинается нормальная передача данных (фаза 5), при которой работа на каждом уровне контролируется своей системой нумерации. На физическом – нумерацией битов в байте; на канальном и сетевом действует циклическая нумерация кадров и пакетов через механизм окна; на транспортном уровне контроль осуществляется через механизм кредита посредством присвоения сообщениям текущего N(S) и максимального M(S) номера. При обнаружении и исправлении ошибки (фазы 6 и 7) ярко проявляется независимость уровней. Эта процедура проходит только на канальном уровне, не затрагивая интересы других уровней. Деактивизация работы уровней (фаза 8) происходит сверху вниз путем их перехода из рабочего состояния в состояние логического разъединения.

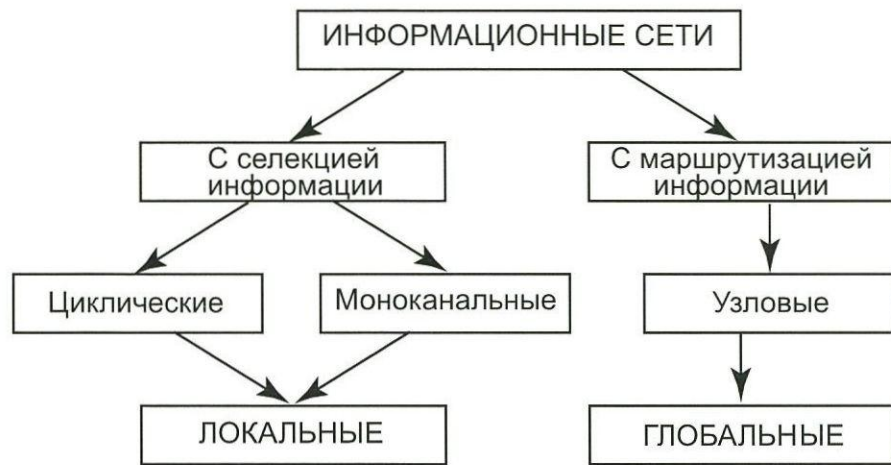




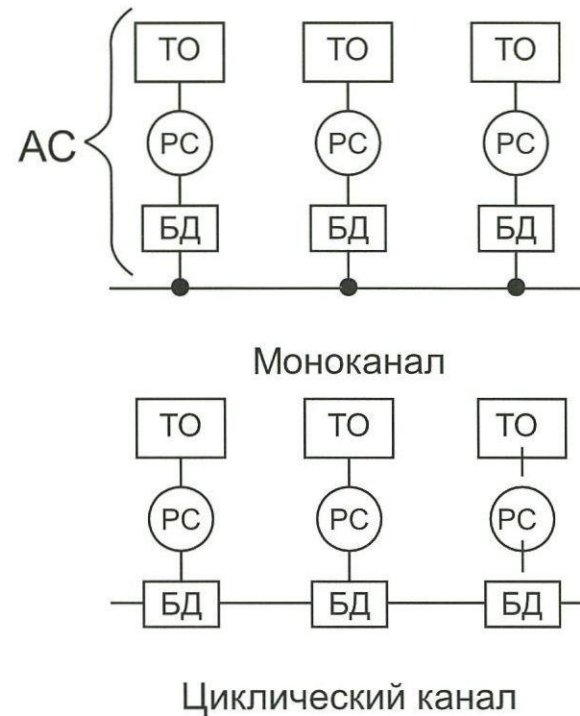




## КЛАССИФИКАЦИЯ



## ПОДКЛЮЧЕНИЕ АС



### 3.11. Технологии локальных сетей

Локальные сети (Local Area Networks – LAN) отличаются от глобальных сетей (Wide Area Networks – WAN) несколькими признаками:

- использование общей физической среды небольшой протяженности, в которую абонентские системы (АС), включающие блок доступа (БД), рабочую станцию (РС) и терминальное оборудование (ТО), подключаются параллельно (моноканал) или последовательно (циклический канал);

- распределение информации ведется с применением селективных (частотных или временных) методов, а не с помощью коммутации;

- применяются простейшие топологические структуры (шина, звезда, дерево, кольцо) разной конфигурации.

В силу специфики LAN в их архитектуре отпадает необходимость в канальном и сетевом уровнях по сравнению с WAN. Малые размеры сети и качественные направляющие системы (коаксиал, волновод, световод, экранированная витая пара) позволяют отказаться от мощных средств защиты от ошибок. В силу этого уровень У2 делится на два подуровня: У2А – подуровень управления доступом к среде (УДС – селективные функции) и У2Б – подуровень управления логическим каналом (УЛК – упрощенные процедуры управления звеном). Уровень У2Б работает по стандарту 8802.2 (LLC – Logical Link Control), единому для любого метода доступа и являющемуся одним из протоколов семейства HDLC. Уровень У2А имеет несколько стандартов в зависимости от топологии и метода доступа. Наиболее употребимые из них:

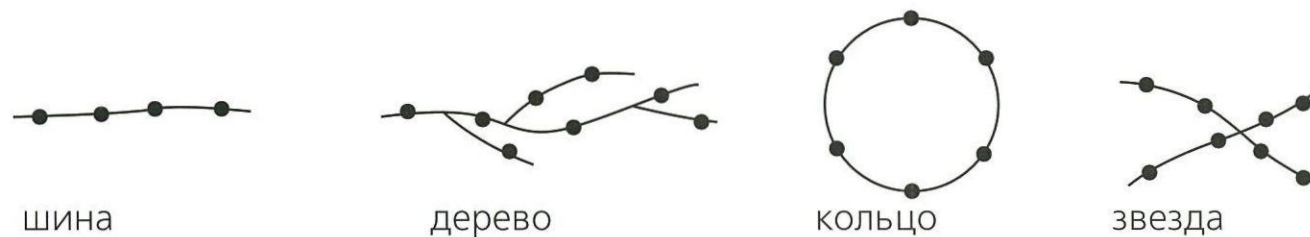
- 8802.3 – случайный доступ в топологии типа "шина", "дерево". Это знаменитые сети стандарта Ethernet;

- 8802.4 – маркерный доступ в топологии типа "шина" (логическое кольцо Token Bus);

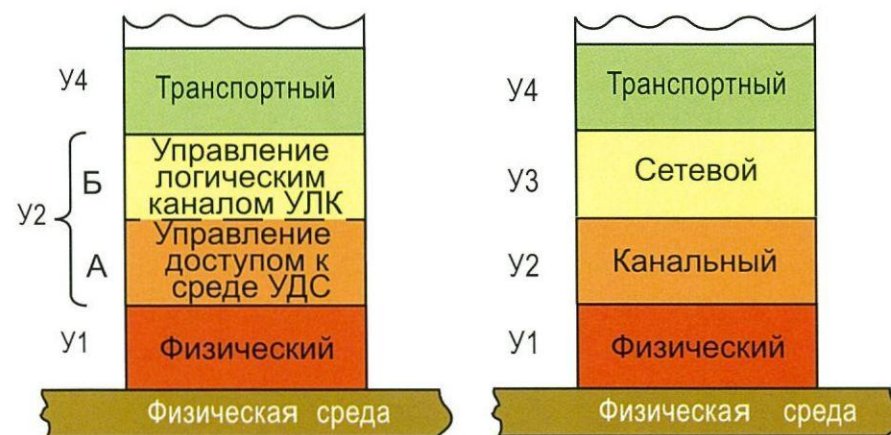
- 8802.5 – маркерный доступ в топологии типа "кольцо". Это сети стандарта Token Ring;

- 8802.6 – маркерный доступ в топологии "двойная шина". Это сети больших городов и кампусов (MAN и CAN).

## ТОПОЛОГИЯ



## АРХИТЕКТУРА

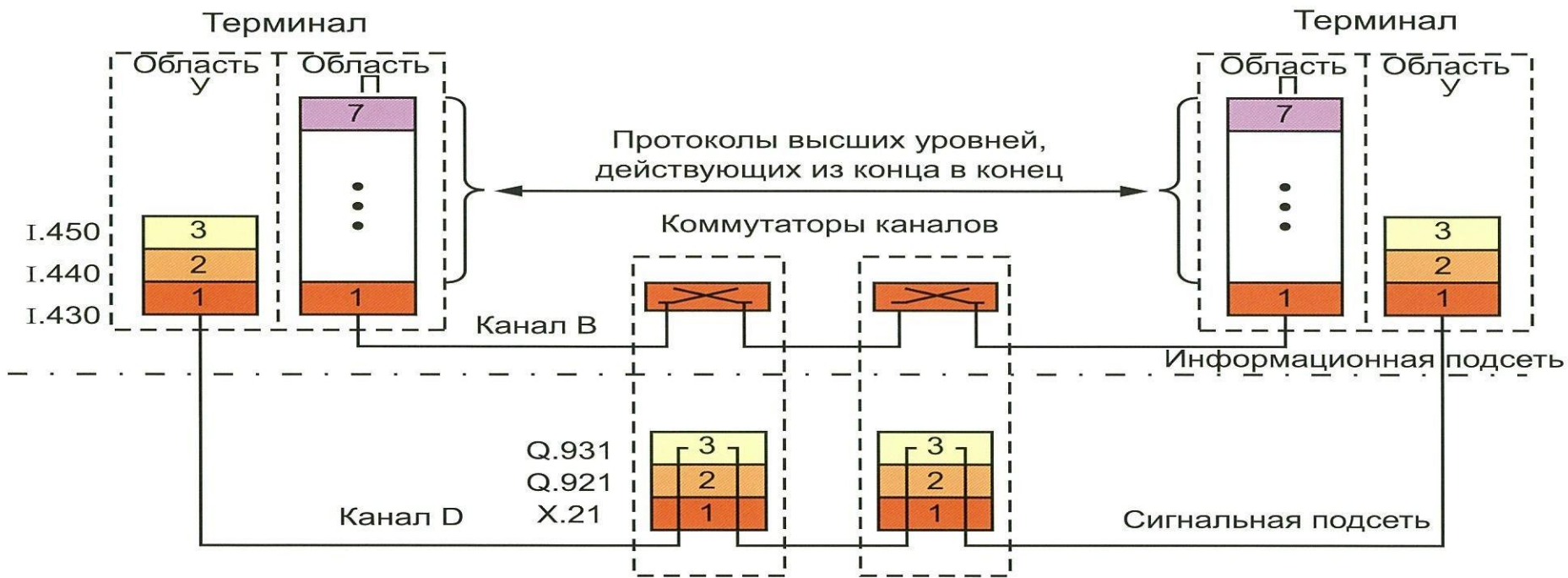


## СТАНДАРТЫ

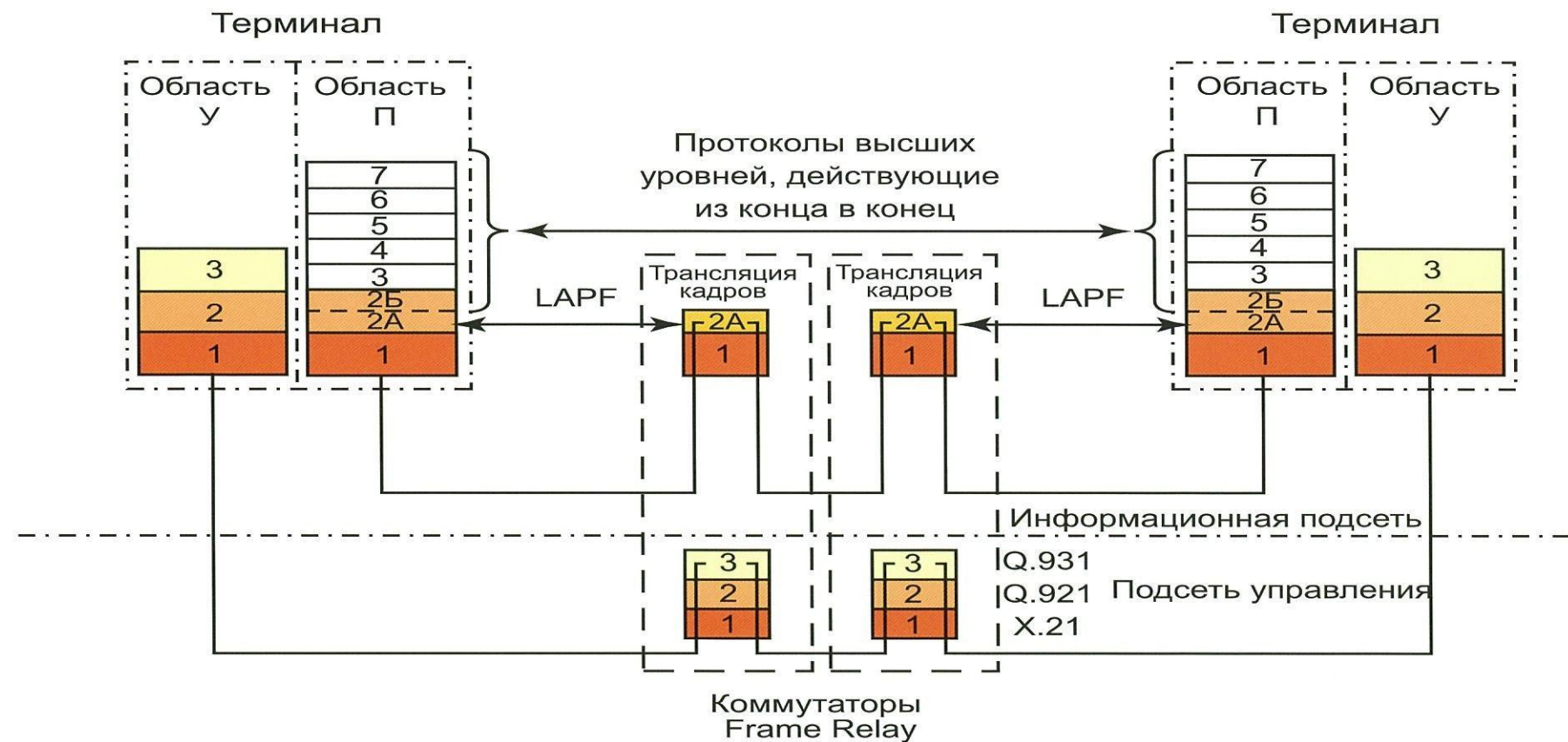
У2Б	8802.2 Управление логическим каналом			
У2А	Управление доступом к среде			
	8802.3 Случайный доступ	8802.4 Маркерная шина	8802.5 Маркерное кольцо	8802.6 Двойная шина
У1	X.21 Управление физическим каналом			



а) Сеть ISDN



б) Сеть Frame Relay



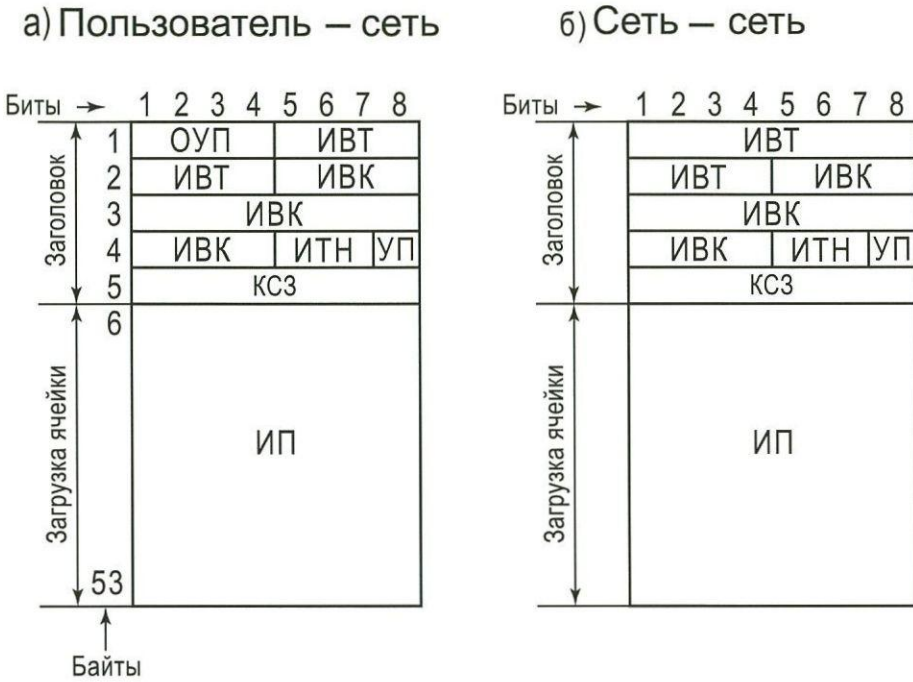
### 3.12. Технологии глобальных сетей

С переходом от аналоговых к цифровым сетям резко изменилась ситуация с качеством передачи. Цифровые каналы обеспечивают достаточно хорошую достоверность передачи и нет необходимости контролировать правильность приема на каждом звене сети и вести контроль на трех уровнях: канальном, сетевом, транспортном, как это делается в сетях, работающих по стандарту X.25. Упрощение процедур канального и сетевого уровней позволило загрузить канальный уровень маршрутизацией, а контроль за правильностью приема возложить на сетевой и транспортный уровни конечных абонентских систем. Но канальный уровень работает только на звене. Это привело к необходимости в глобальных сетях разделить функции сигнализации и передачи полезной информации. Так появились сети с интеграцией служб – ISDN (Integrated Service Digital Networks), в которых имеются две подсети: информационная, работающая по методу КК, лучше всего обеспечивающему обслуживание телефонного гладкого трафика, и сигнальная, работающая по методу КП, высоконадежная и обладающая свойствами маршрутизации.

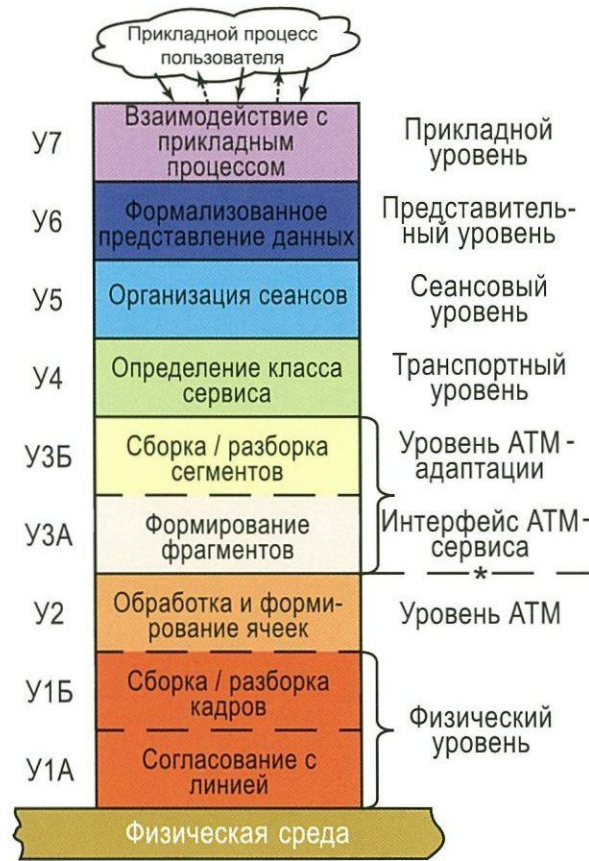
По тому же пути пошла и пакетная коммутация, сохранив в информационной подсети два уровня. Это сеть Frame Relay (FR). Пакетная коммутация больше приспособлена к пульсирующему трафику передачи данных. Технологии КК и КП закрепились в глобальных сетях с общим каналом сигнализации (ОКС) для обслуживания различных пользователей.



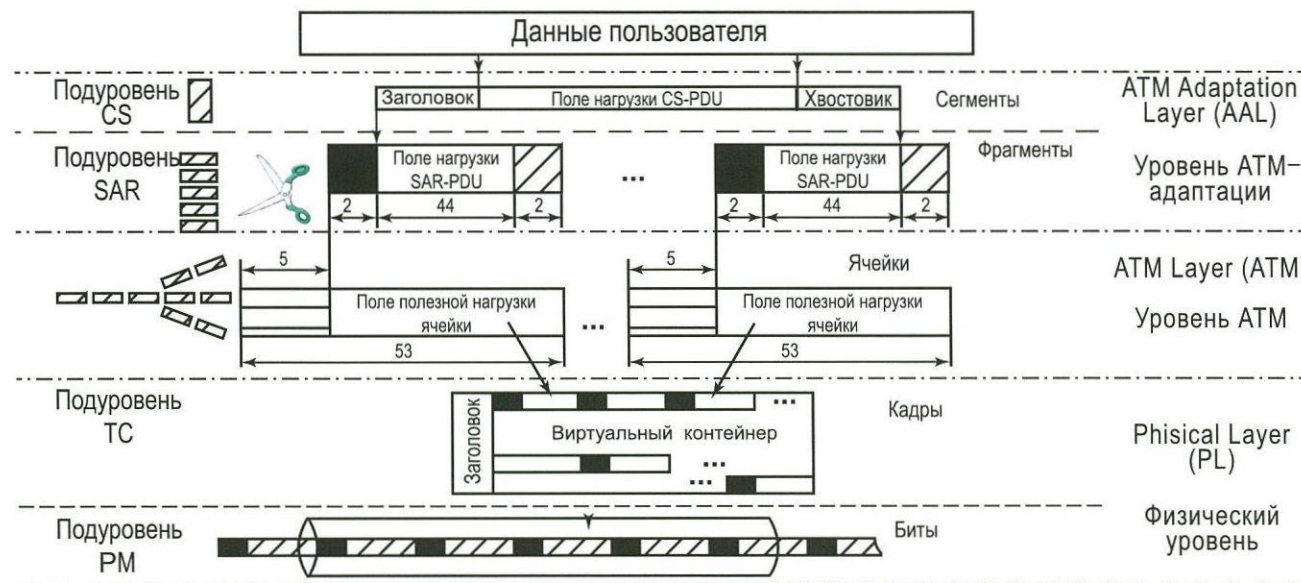
### СТРУКТУРА ЯЧЕЙКИ



### СТЕК УРОВНЕЙ АТМ



### МЕХАНИЗМ РАБОТЫ НИЖНИХ УРОВНЕЙ



### 3.13. Технология АТМ

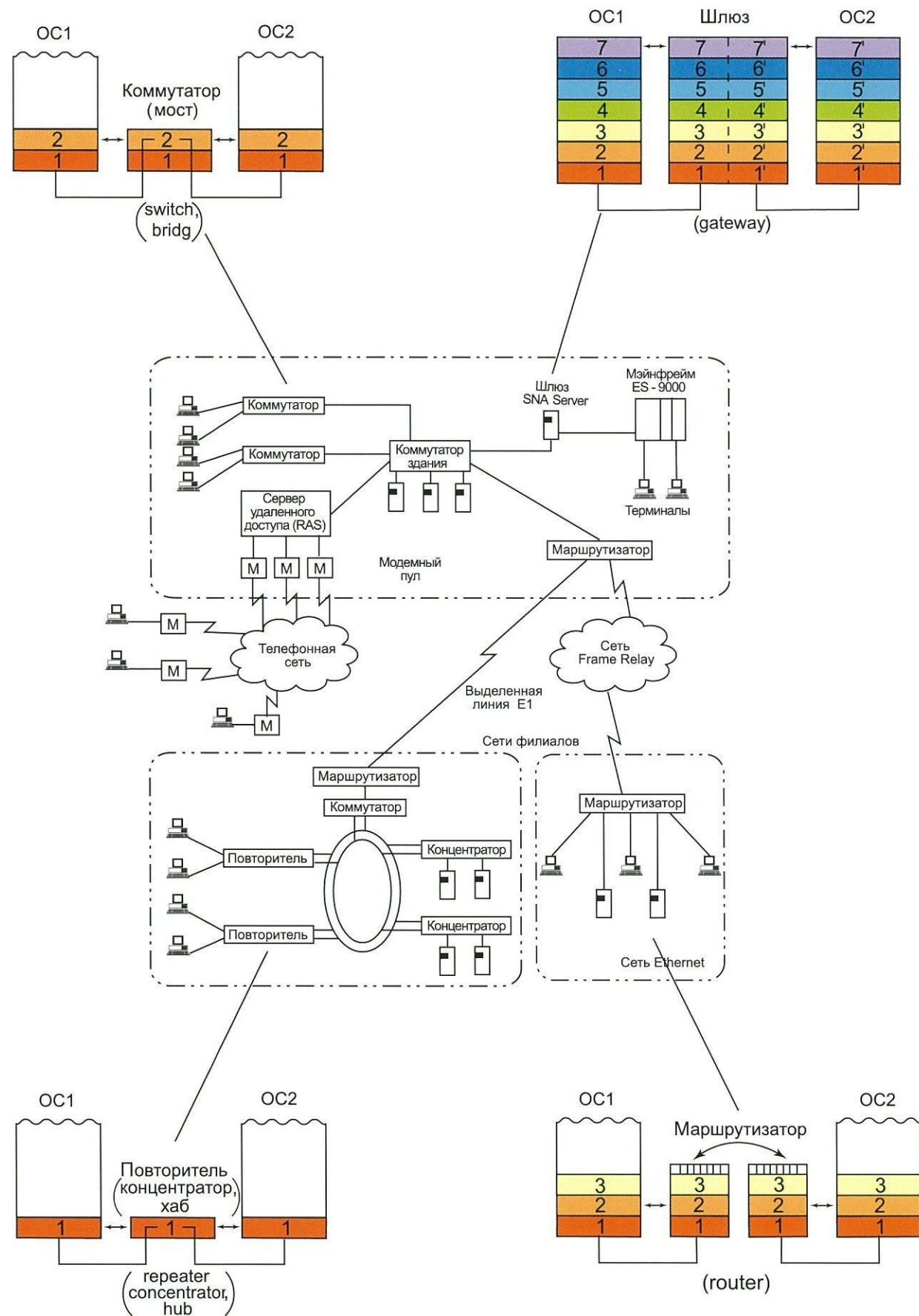
Технология АТМ (Asynchronous Transfer Mode) является в настоящее время наиболее совершенной версией пакетной коммутации, реализующей все ее преимущества. Она в достаточной степени поддержана стандартами и поддерживает все виды трафика: гладкий телефонный, пульсирующий при передаче данных, критичный к времени доставки видеосервис, мультимедиа услуги. Возможность организации постоянных и коммутируемых виртуальных цепей (PVC и SVC), статистическое мультиплексирование заявок в один виртуальный канал, постоянная длина информационной единицы, управление перегрузками - вот основные характеристики АТМ.

Сервисным блоком данных АТМ-уровня является ячейка (cell), которая включает заголовок (5 байт) и информационное поле (48 байт). Стандартная длина ячейки 53 байта. Заголовок содержит индикатор виртуального тракта (ИВТ), индикатор виртуального канала в тракте (ИВК), индикатор типа нагрузки (ИТН), поле указания приоритета (УП), контрольную сумму заголовка (КСЗ) для его защиты от ошибок, а также для ячеек на участке "пользователь – сеть" имеет поле общего управления потоком (ОУП).

Уровневая организация АТМ не противоречит общим принципам, но имеет особенности в построении нижних уровней. Физический уровень делится на два подуровня (согласование с линией и сборки / разборки кадров). Уровень АТМ является основным в АТМ-сервисе, на котором формируются и обрабатываются ячейки. И, наконец, уровень АТМ-адаптации, состоящий из двух подуровней, обеспечивает приспособление данной технологии к виду трафика. При прохождении сквозь уровни информационные единицы (данные пользователя (U4), сегменты (U3B), фрагменты (U3A), ячейки (U2), кадры (U1B), биты (U1A)) претерпевают изменения. В качестве кадров могут выступать виртуальные контейнеры систем SDH.

Верхние уровни имеют стандартное наименование, выполняют стандартные функции и работают между окончательными абонентскими системами.





### 3.14. Ассоциативные системы (повторители, мосты, маршрутизаторы, шлюзы)

Необходимость введения в сети ассоциативных (объединяющих) систем имеет своим началом локальные сети. Дело в том, что в локальных сетях используется единая среда передачи, разделяемая между рабочими станциями случайным образом (особенно в технологии Ethernet). Это приводит к тому, что время задержки передачи, начиная от некоторого значения коэффициента использования сети, начинает резко расти. Для сетей Ethernet этот предел составляет 40–50%, для технологии Token Ring – 60%, а для FDDI – 70%. Эта же причина накладывает жесткие ограничения на максимальную длину сети. Поэтому при увеличении числа пользователей локальной сети и ее размеров целесообразно разделить ее на несколько частей (сегментов) и соединить их повторителями, маршрутизаторами, мостами, коммутаторами.

Повторитель (repeater) используется для соединения отдельных сегментов с целью увеличения общей длины сети. По физической сути это обычный регенератор, восстанавливающий сигналы по амплитуде и длительности. Логически повторитель работает на физическом уровне, пропуская сквозь себя сигналы без обработки. Повторитель на несколько выходов (портов) часто называют концентратором (concentrator) или хабом (hub).

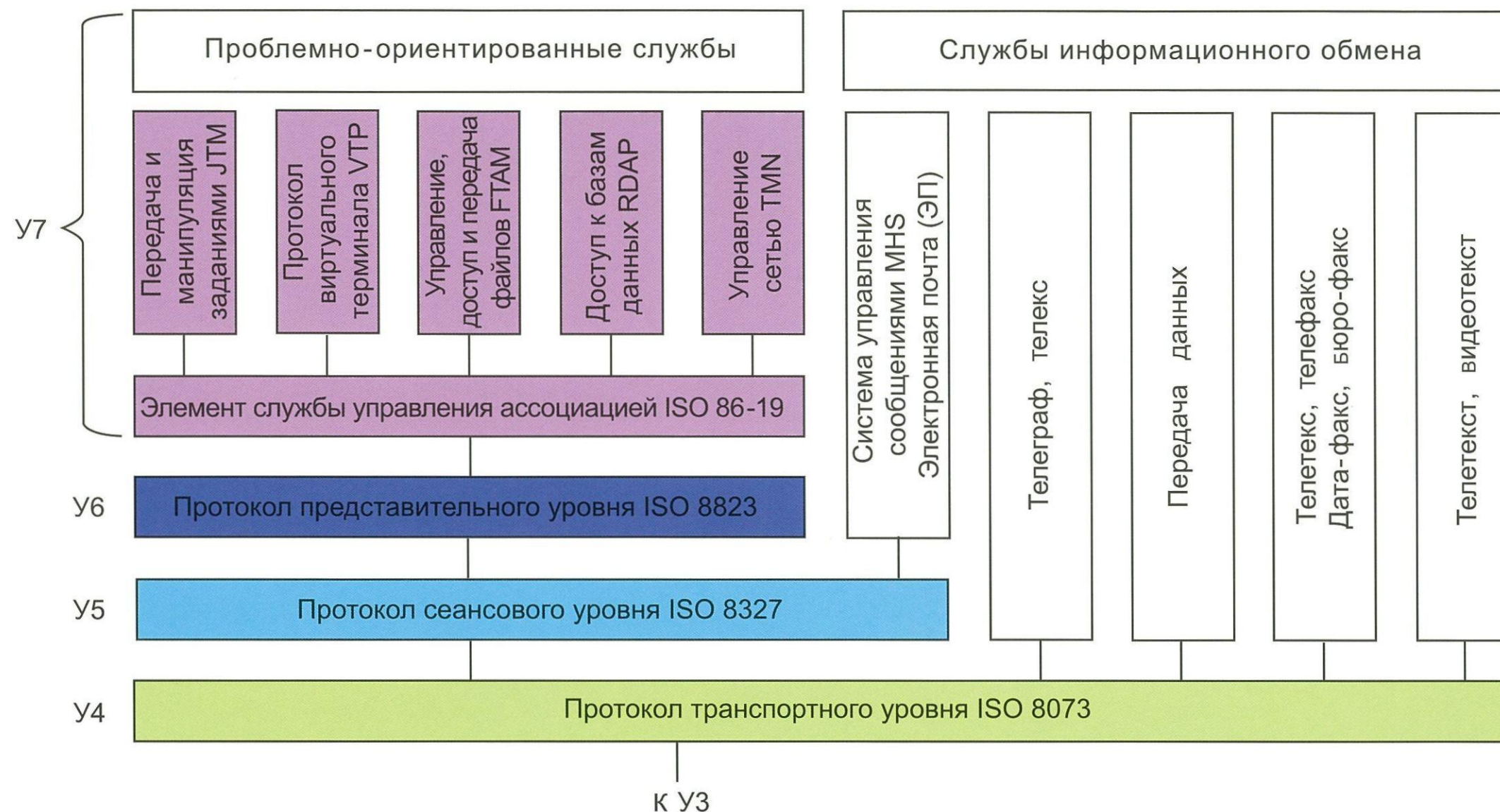
Вторым связующим сетевым элементом является мост (bridge), который обеспечивает передачу информации из одного сегмента в другой только в случае необходимости. Логически он работает на втором уровне ЭМ ВОС. Те же функции выполняет коммутатор (switch), отличаясь от моста тем, что каждый его порт оснащен специализированным процессором, что позволяет повысить его производительность.

Еще более мощным средством разделения/объединения сегментов являются маршрутизаторы (router). Маршрутизаторы образуют логические сегменты, работают на третьем уровне ЭМ ВОС, используя составные числовые адреса. Они позволяют связывать в единую сеть подсети с разными сетевыми технологиями, например Ethernet и X.25.

И, наконец, объединение сетей может осуществляться с помощью шлюзов (gateway). Они применяются в том случае, когда нужно объединить сети с разным типом системного и прикладного программного обеспечения. Логически шлюз работает на седьмом уровне ЭМ ВОС, преобразуя протоколы одного класса в другой.

На сегодня крупные сети не строятся без логической структуризации, они применяют в разных сочетаниях повторители, мосты, маршрутизаторы, шлюзы.





### 3.15. Протоколы верхних уровней

Выше транспортного расположены три уровня, составляющие группу уровней пользователя. Они определяют вид предоставляемой услуги, форму предоставления и время проведения сеанса связи. Протоколы этих уровней строятся так, чтобы определить стандартные для сети способы выполнения прикладных функций.

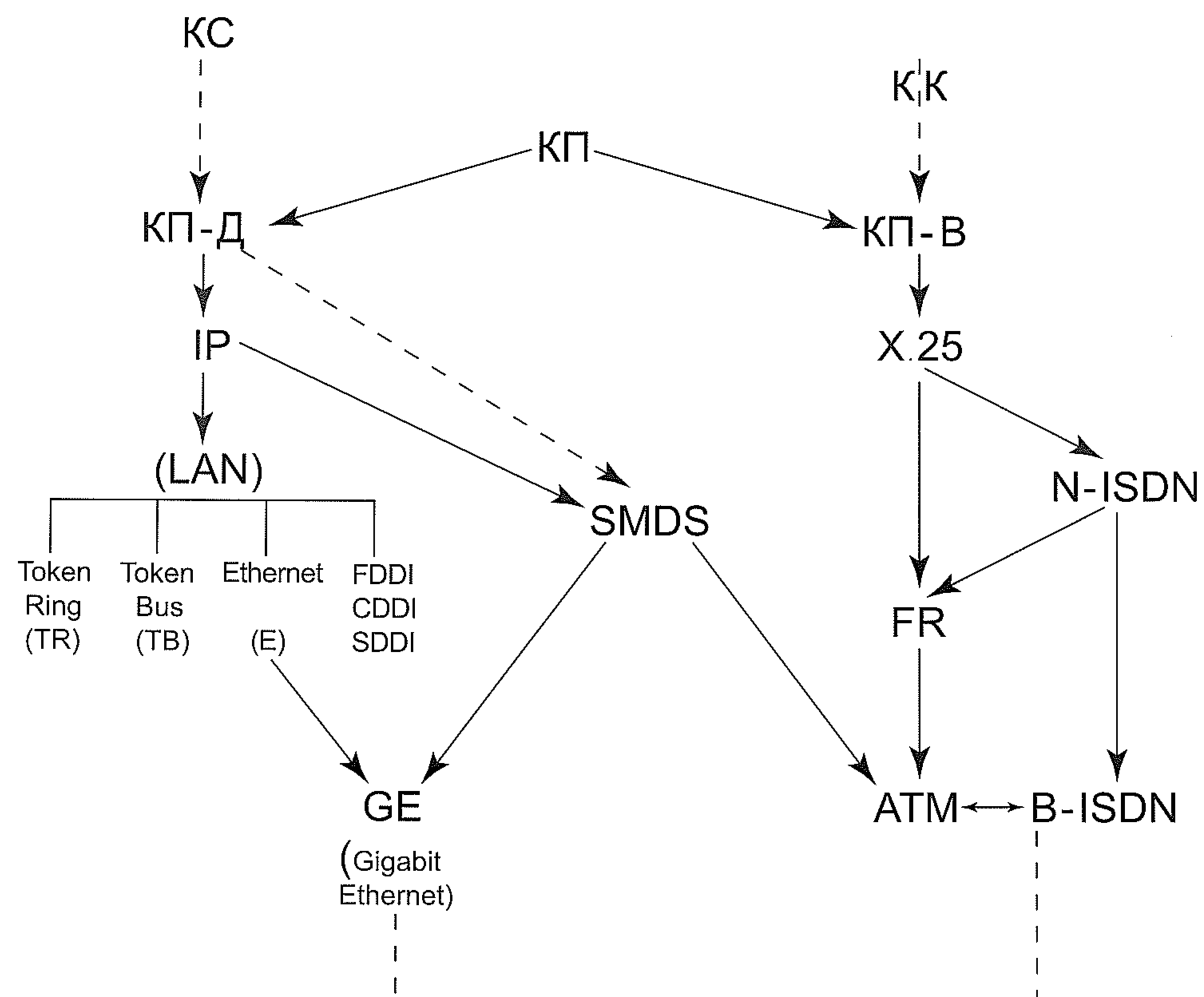
Для предоставления пользователям разных услуг в сети организуются сетевые службы, под которыми понимается группа функциональных уровней, обеспечивающих функционирование того или иного прикладного процесса.

Существуют сетевые службы, тесно связанные с выполнением какого-либо технологического процесса. Это проблемно-ориентированные службы. С другой стороны, сетевые службы могут применяться для общения потребителей по широкому кругу вопросов в синхронном (диалоговом, on-line) и асинхронном (с разнесением во времени, off-line) режимах. Это службы информационного обмена.

Все проблемно-ориентированные сетевые службы на прикладном уровне объединены сервисным элементом управления группой (ассоциацией), обеспечивающим как индивидуальную, так и совместную их работу. Для всех проблемно-ориентированных служб единым является протокол представительного и сеансового уровней. Для служб информационного обмена (телекс, передача данных, факс, электронная почта и др.) все или часть протоколов верхних уровней могут отсутствовать.

Обе группы сетевых служб при вхождении в сеть на транспортном уровне объединяются протоколом транспортного уровня ISO 8073.





### 3.16. Эволюция сетевых технологий

Сетевые технологии прошли долгий путь развития от телеграфных сетей до современных компьютерных сетей. В их появлении наблюдается некоторая преемственность.

Исторически первой среди них была технология коммутации сообщений в телеграфных сетях с ручным перебором телеграмм. Здесь уже был заложен принцип виртуальных каналов. Однако эта технология не могла использоваться для голосового трафика. Поэтому с изобретением телефона появилась другая технология – коммутация каналов. Они сосуществовали до появления компьютерных сетей, в которых были недопустимы слишком большие задержки и высокий уровень шума. Появилась третья классическая технология - коммутация пакетов с ее разновидностями: датаграммой (КП-Д) и виртуальной (КП-В).

Датаграммная ветвь, в яркой форме реализованная в стандарте TCP/IP, породила множество технологий локальных сетей и, как результат, появились супермагистралы с технологиями SMDS (Super Megabit Digital Service) и GE (Gigabit Ethernet).

Виртуальная ветвь с ее стандартом X.25 применялась в аналоговых сетях. В цифровых сетях отпала необходимость в мощных способах защиты от ошибок, что привело к появлению технологии FR (Frame Relay), заимствовавшей разделение сети на информационную сигнальную подсети. Этот принцип ранее применили в узкополосной сети с интеграцией служб N-ISDN.

Но и в X.25, и в FR информационные единицы не имели постоянной длины, что стало одной из главных причин появления пакетной коммутации. Короткая детерминированная длина информационной единицы являлась главным отличием КП от КС.

Последнее реализовано в технологии ATM (Asynchronous Transfer Mode), в которой ячейка строго стандартна (53 байта). Эта технология является основой широкополосной сети с интеграцией служб B-ISDN.

На этом эволюция сетевых технологий не заканчивается. С расширением волоконно-оптических сетей появятся новые технологии, применительно к их новым возможностям.



Учебное издание

**Кудряшов Владимир Александрович**

# ОТКРЫТЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Учебное иллюстрированное пособие  
для студентов вузов, техникумов и колледжей ж.-д. транспорта

Редактор Г.Н. Багдасарова  
Корректор О.В. Радель  
Компьютерная верстка В.В. Симинский

Изд. лиц. ИД № 04598 от 24.04.2001 г.  
Подписано в печать 03.12.2001 г. Формат 60x84 /4.  
Усл. печ. л. 11. Дополнительный тираж 2000 экз.

---

Издательство УМК МПС России  
107078, г. Москва, Басманный пер., д. 6

Отпечатано в типографии ООО "АМА-ПРЕСС"  
115280, Москва, Пересветов пер., д. 2/3  
Заказ № 851