

# «Компьютерные сети»

Лектор:

**АЛИЕВ Тауфик Измайлович, д.т.н., профессор**

[tialiev@itmo.ru](mailto:tialiev@itmo.ru)

**к. 1334**

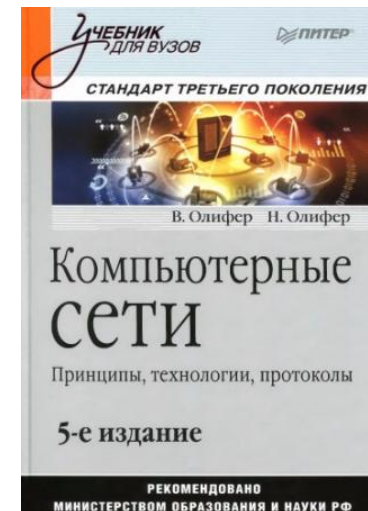
---

**Национальный исследовательский университет ИТМО  
(НИУ ИТМО)**

*Факультет программной инженерии и компьютерной техники*

# Рекомендуемая литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. (Юбилейное издание) – СПб: Питер, 2016 (2021). – 944 с. (1005с.)
2. Алиев Т.И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 400 с.  
[https://books.ifmo.ru/book/628/seti\\_evm\\_i\\_telekommunikacii.htm](https://books.ifmo.ru/book/628/seti_evm_i_telekommunikacii.htm)
3. Учебно-методические материалы по дисциплине «Компьютерные сети» в ИСУ ИТМО.
4. Алиев Т.И., Соснин В.В., Шинкарук Д.Н. Компьютерные сети и телекоммуникации: задания и тесты. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 111 с.
5. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. – СПб: Питер, 2015. – 961 с.
6. Куроуз Дж. Компьютерные сети: Нисходящий подход / Джеймс Куроуз, Кит Росс – 6-е изд. – М.: Издательство «Э», 2016.–912 с.



# Разделы дисциплины

**Раздел 1. Принципы организации компьютерных сетей**

**Раздел 2. Глобальная сеть Интернет**

**Раздел 3. Технологии локальных сетей**

**Раздел 4. Транспортные технологии глобальных сетей**

**Раздел 5. Заключительный раздел**

# Принципы организации компьютерных сетей

- 1.1. Основные понятия и терминология
- 1.2. Многоуровневая организация компьютерных сетей
- 1.3. Структурная организация компьютерных сетей
- 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей
- 1.5. Сетевые протоколы

## Основная литература:

*Алиев Т.И. Сети ЭВМ и телекоммуникации. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 400 с. (Раздел 1. Общие принципы организации сетей ЭВМ)*

# Проблемы построения компьютерных сетей

- Способ(ы) представления сигналов для передачи на большие расстояния цифровых и аналоговых данных (кодирование и модуляция)
- Принципы качественной передачи электрических сигналов на большие расстояния (затухание, искажение, помехи, ...)
- Способы и средства обеспечения высоких скоростей передачи сигналов на большие расстояния
- Способы формирования данных для передачи на большие расстояния (в виде сообщений)
- Разработка способов и специализированного оборудования для организации соединения между узлами сети (коммутация)
- Разработка методов и соответствующего специализированного оборудования для организации передачи данных в сети (маршрутизация)
- Способы идентификации (адресации) многочисленного оборудования

В чём разница между понятиями:

- «компьютерная сеть»;
- «сеть ЭВМ»;
- «вычислительная сеть»;
- «телекоммуникационная сеть» ;
- «сеть передачи данных»?

Что передается, обрабатывается и является  
результатом в компьютерной сети:  
*данные* или *информация*?

# 1.1. Основные понятия и терминология

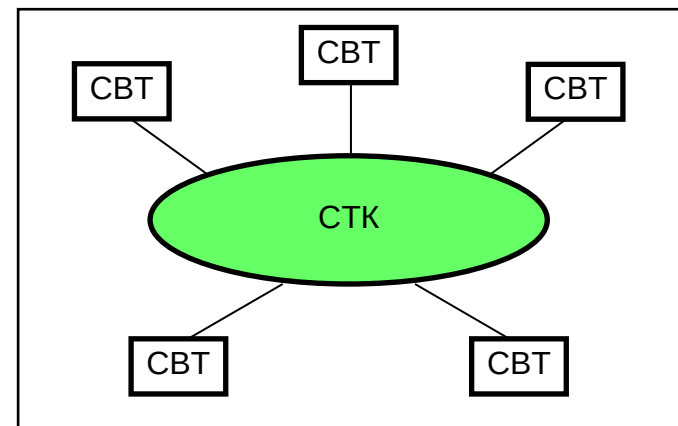
## Понятие компьютерной сети

**Компьютерная сеть** (**сеть ЭВМ**, вычислительная сеть) – совокупность средств ВТ и телекоммуникаций: **СВТ+СТК**.

**Средства вычислительной техники (СВТ)** – ЭВМ, вычислительные **комплексы** и **системы** различных классов (обработка данных).

**Средства телекоммуникаций (СТК)** – взаимосвязанная совокупность каналов связи и каналообразующей аппаратуры, образующих телекоммуникационную сеть или сеть передачи данных (СПД) (*передача данных*).

**Функции компьютерной сети:** обработка и передача (**данных** или **информации**?)



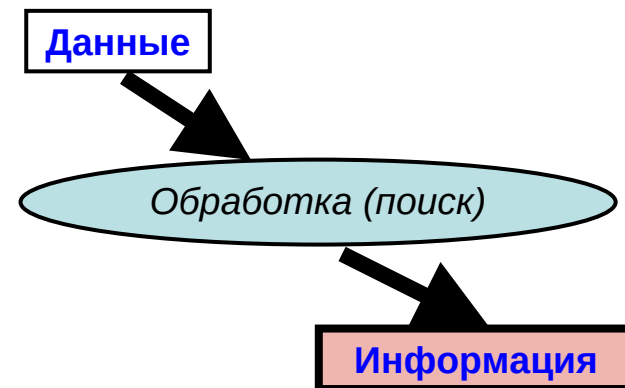
**Данные** - "сведения, необходимые для какого-нибудь вывода, решения" (Ожегов С.И. Словарь русского языка). Количественная мера данных – **объем**.

**Информация** - "сведения, освещающие о положении дел, о состоянии чего-нибудь" (Ожегов С.И. Словарь русского языка). Количественная мера информации – **информационная энтропия**.

**Информационная энтропия** — мера неопределённости, определяемая через вероятность  $p_i$  появления  $i$ -го символа некоторого алфавита или  $i$ -го сообщения:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

$n$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$H$
2	0,5	0,5	-	-	<b>1</b>
2	0,1	0,9	-	-	<b>0,47</b>
4	0,25	0,25	0,25	0,25	<b>2</b>
4	0,1	0,2	0,3	0,4	<b>1,85</b>
4	0,01	0,04	0,3	0,65	<b>1, 2</b>







В чём разница между  
ПОНЯТИЯМИ:

*«вычислительная машина»*  
*«вычислительный комплекс»*  
*«вычислительная система»?*

# 1.1. Основные понятия и терминология

## Средства вычислительной техники

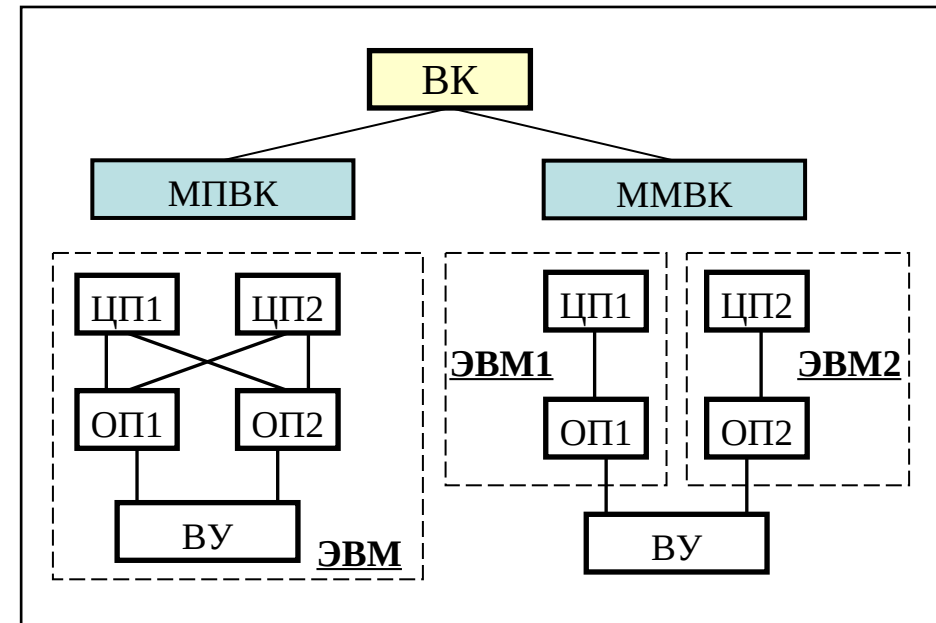
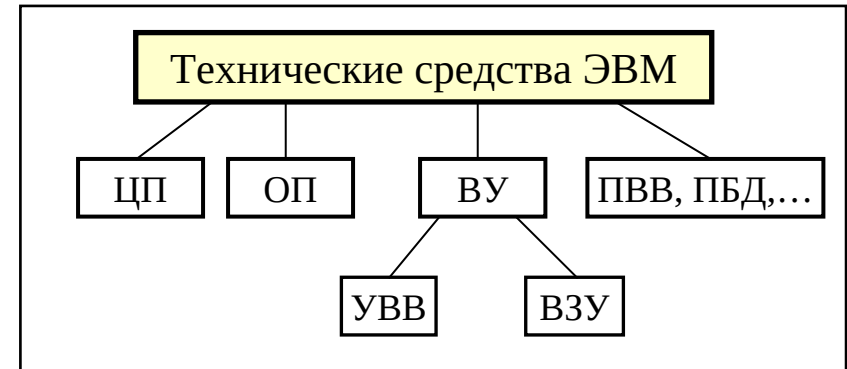
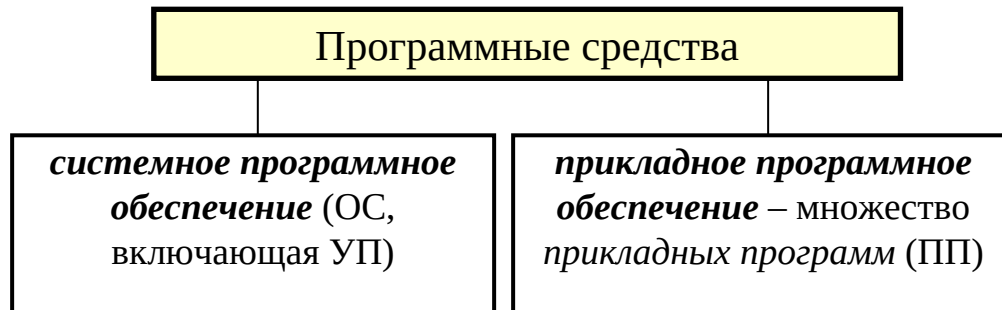
**ЭВМ** (*электронная вычислительная машина, компьютер*) = совокупность технических средств, реализующих ввод, вывод, хранение и обработку данных (информации)

**Вычислительный комплекс (ВК)** = совокупность технических средств, содержащая несколько центральных процессоров:

- многопроцессорный ВК (МПВК);
- многомашинный ВК (ММВК).

**Основная цель построения ВК** – обеспечение высокой надежности и/или производительности.

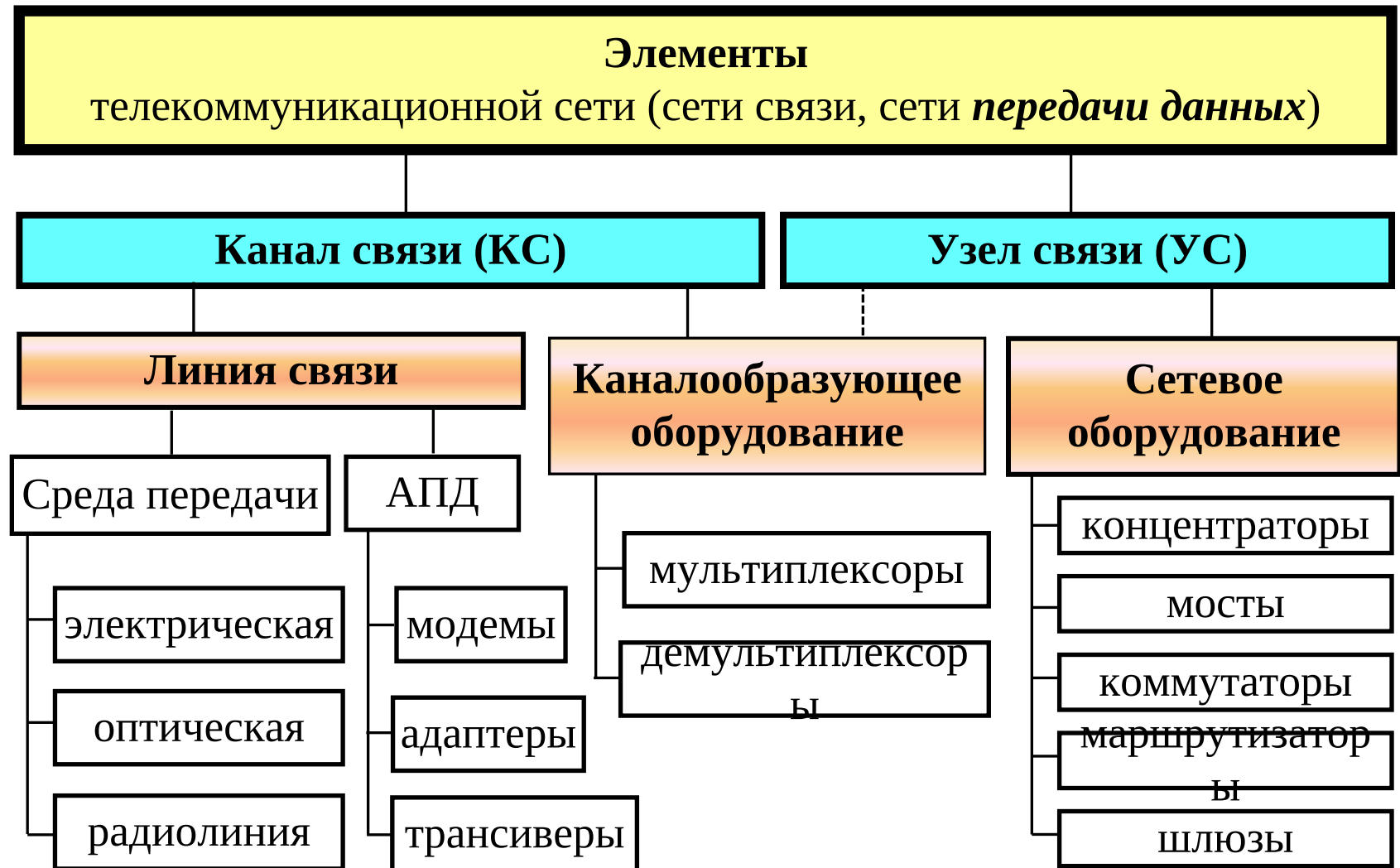
**Вычислительная система (ВС)** = технические + программные средства.



Есть ли разница между  
«*линией связи*»  
И  
«*каналом связи*»?

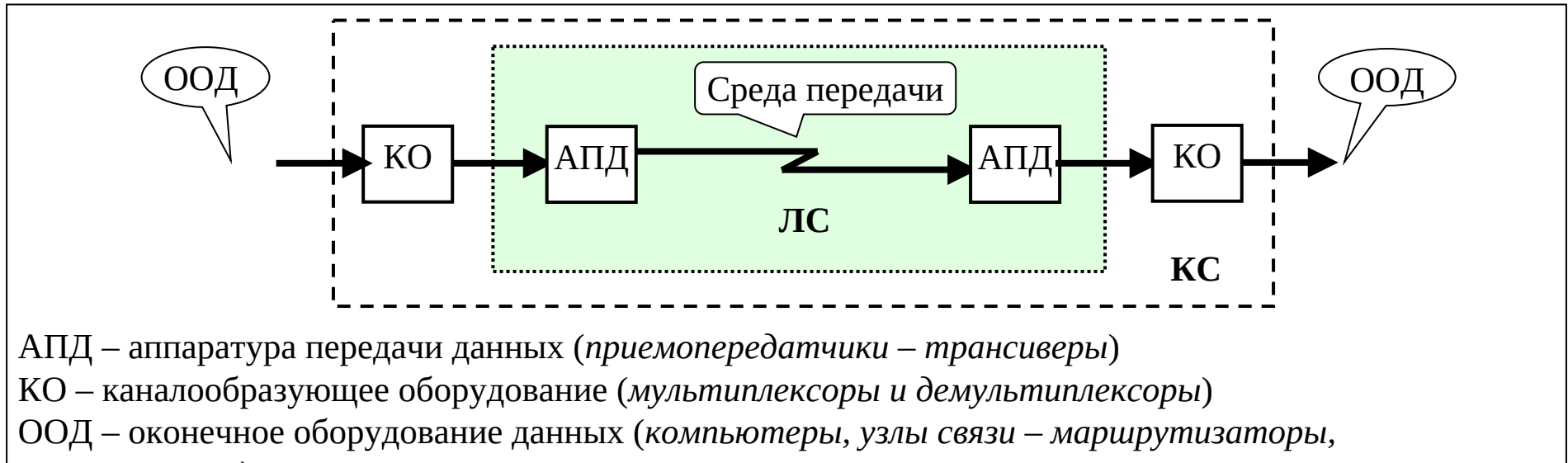
## 1.1. Основные понятия и терминология

### Средства телекоммуникаций



## 1.1. Основные понятия и терминология

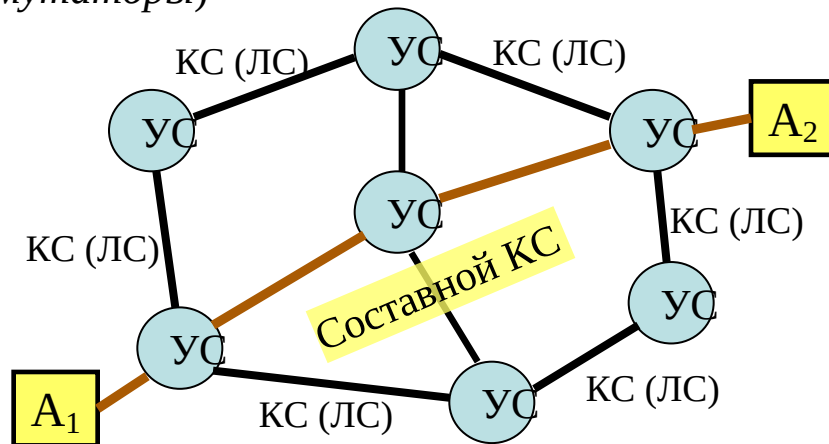
### Средства телекоммуникаций



АПД – аппаратура передачи данных (приемопередатчики – трансиверы)

КО – каналообразующее оборудование (мультиплексоры и демультиплексоры)

ООД – окончное оборудование данных (компьютеры, узлы связи – маршрутизаторы, коммутаторы)



#### Основные функции УС

маршрутизация

коммутация

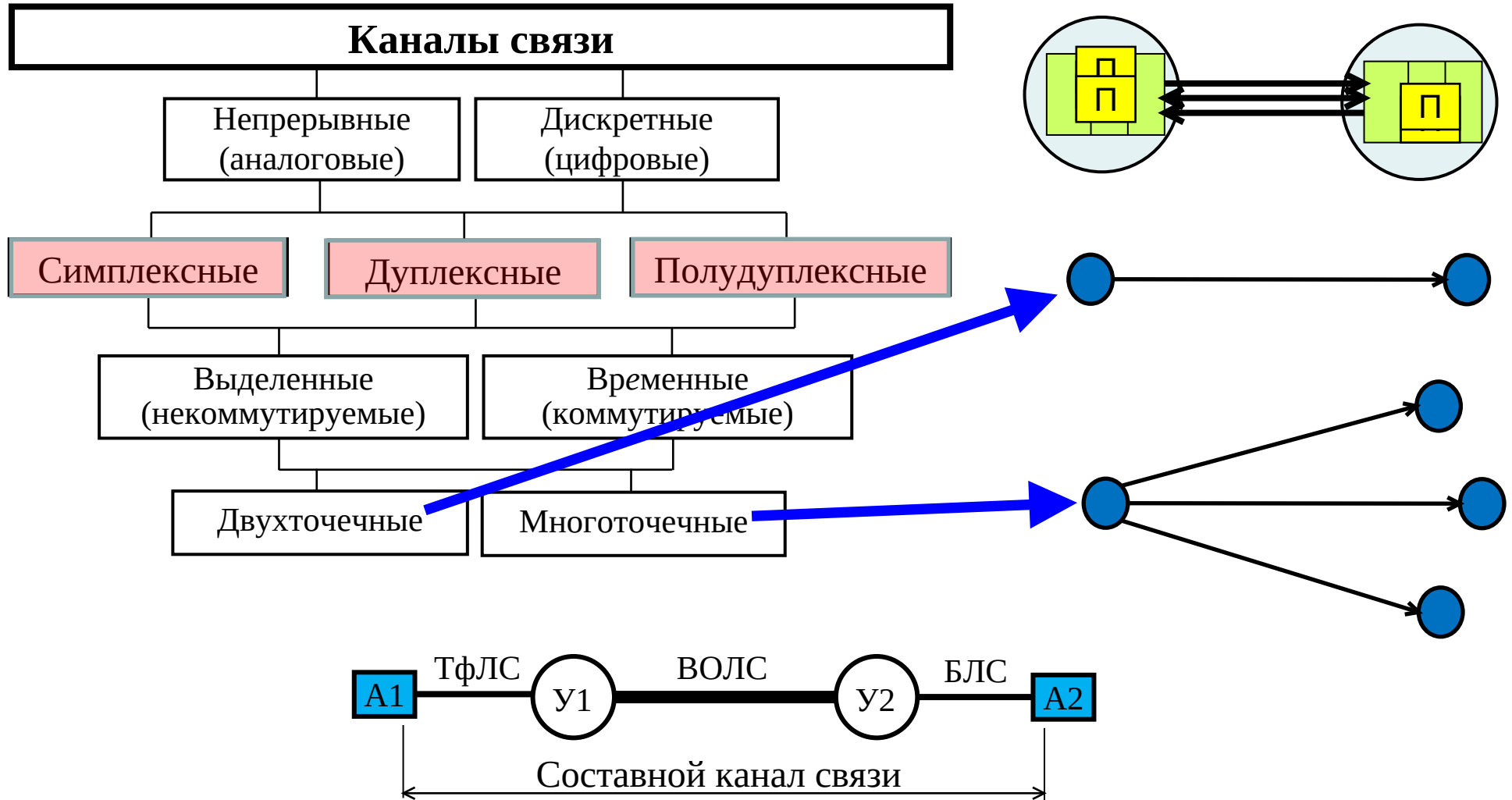
мультиплексирование

демультиплексирование

**Топология** телекоммуникационной сети – способ объединения УС с помощью КС (ЛС).

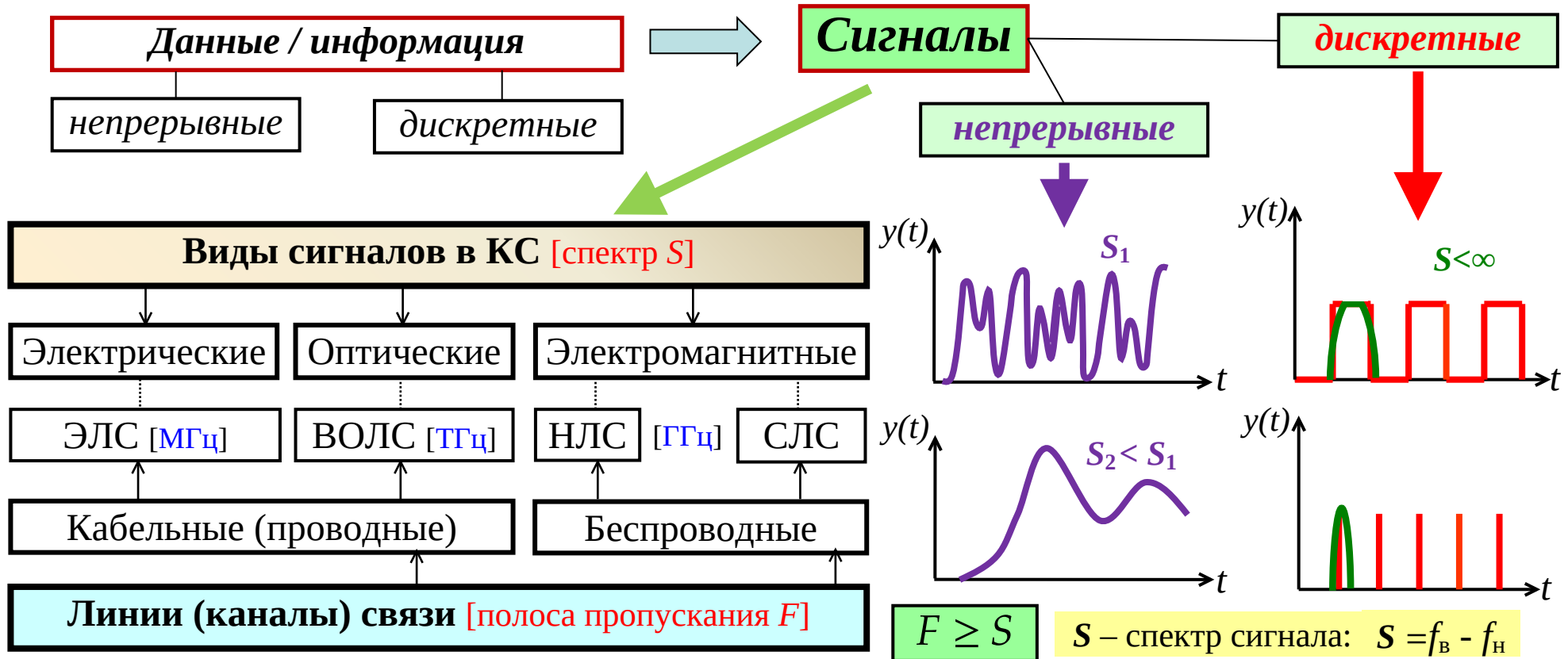
## 1.1. Основные понятия и терминология

### Классификация каналов связи



# 1.1. Основные понятия и терминология

## Данные и сигналы



**Кодирование** – представление дискретных данных в виде дискретных сигналов: *потенциальных и импульсных*.

**Модуляция** – перенос сигнала в заданную полосу частот путем изменения параметров сигнала (амплитуды, частоты, фазы) в соответствии с *информативным* сигналом.

## 1.1. Основные понятия и терминология

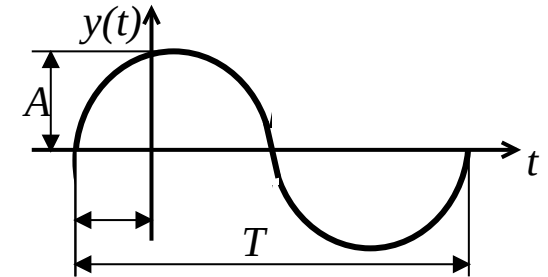
### Характеристики каналов связи

1. Полоса пропускания (частот) [Гц]:  $F = 1/T$ .

где  $T$  – период синусоидального сигнала;

2. Скорость модуляции [бод]:  $B = \frac{1}{t_b} = \frac{2}{T} = 2F$ ,

где  $t_b$  – длина единичного (битового) интервала:  $t_b = T/2$ .



$$B = 10 \text{ Мбод} \rightarrow t_b = 100 \text{ нс} \rightarrow C = 10 \text{ Мбит/с} \rightarrow T = 2t_b = 0,2 \text{ мкс} \rightarrow F = 5 \text{ МГц}$$

3. Пропускная способность канала связи:  $C = 1/t_b$  [бит/с или bps – bits per second]

1) формула Шеннона:  $C = F \log_2(1 + \frac{P_c}{P_{\text{ш}}})$   $\frac{P_c}{P_{\text{ш}}} - \text{SNR (Signal-to-Noise Ratio)}$

$$\underline{F = 100 \text{ МГц}}: \quad \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = 1 \rightarrow C = 100 \text{ Мбит/с}; \quad \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = 3 \rightarrow C = 200 \text{ Мбит/с}$$

2) формула Найквиста:  $C = \frac{1}{t} \log_2 n_c = 2F \log_2 n_c = B \log_2 n_c$

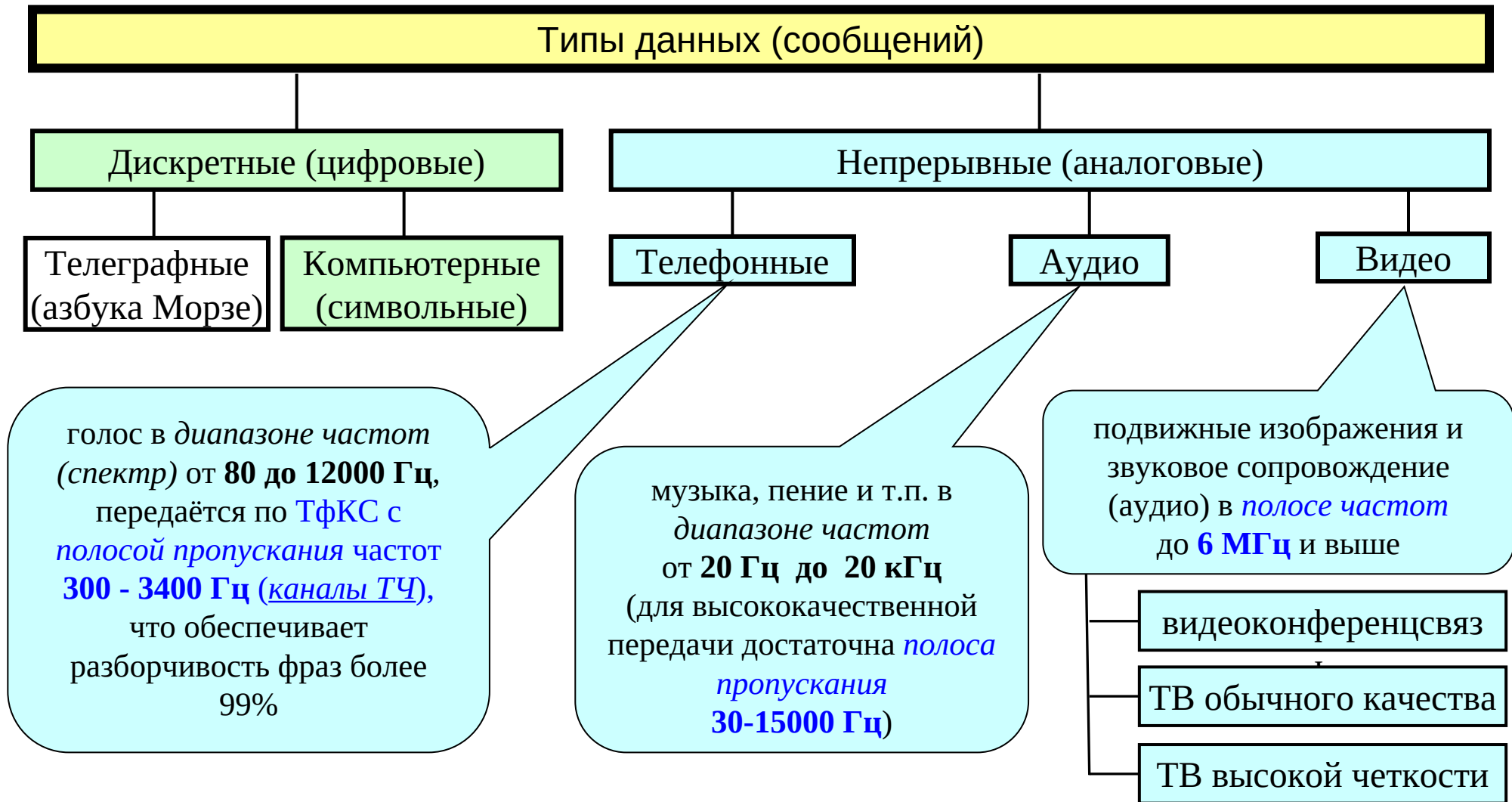
$$\underline{F = 100 \text{ МГц}}: \quad \underline{n_c = 2} \rightarrow C = 200 \text{ Мбит/с}; \quad \underline{n_c = 4} \rightarrow C = 400 \text{ Мбит/с}$$

4. Достоверность передачи данных – вероятность искажения бита ( $10^{-4}$  до  $10^{-10}$  и выше) при передаче по каналу связи [BER – Bit Error Rate].



## 1.1. Основные понятия и терминология

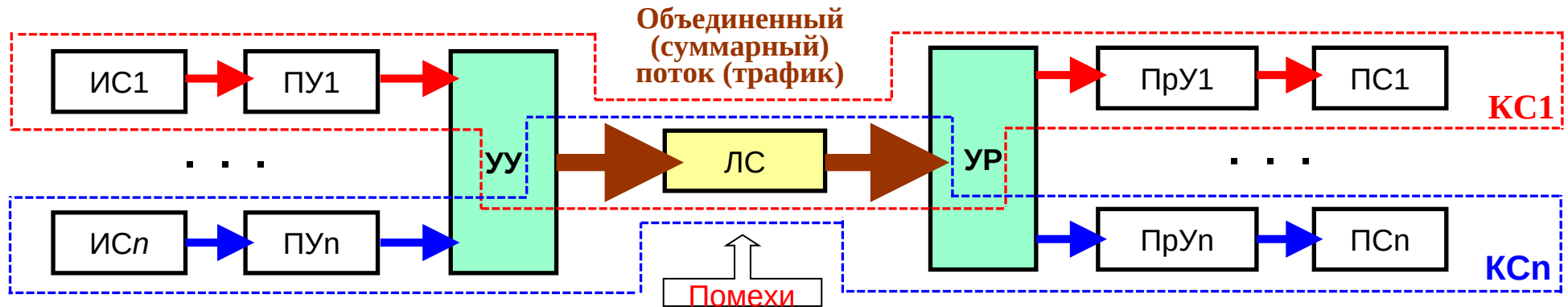
### Классификация данных



Что такое «многоканальная  
линия связи»?

## 1.1. Основные понятия и терминология

### Методы уплотнения каналов связи

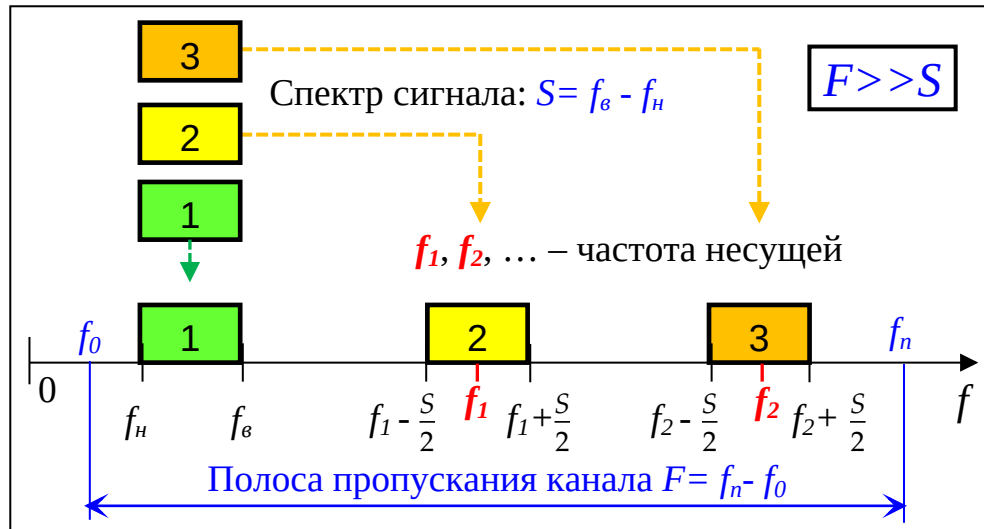


ИС (ПС) – источник (приёмник) сообщения  
ПУ (ПрУ) – передающее (принимающее) устройство

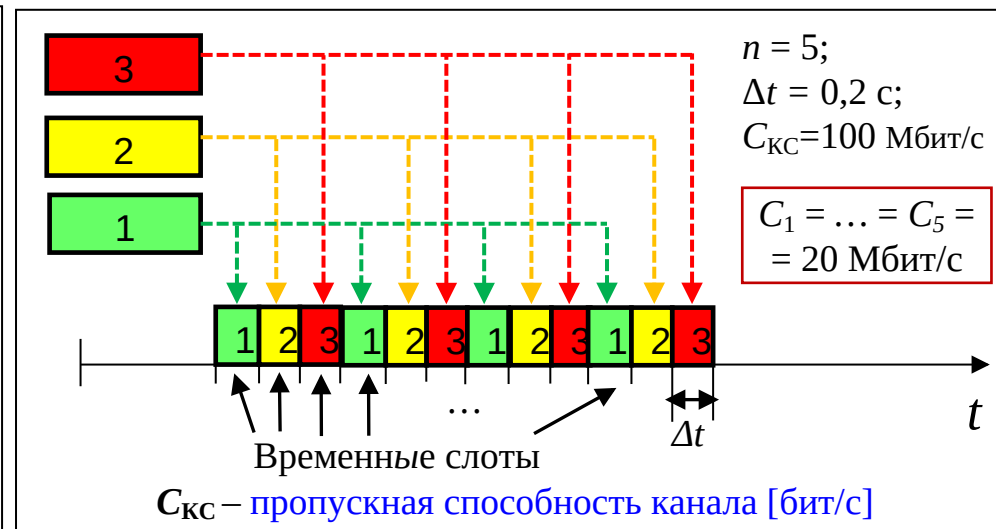
УУ (УР) – устройство уплотнения (разделения)  
ЛС (КС) – линия (канал) связи

### Традиционные методы уплотнения каналов:

#### 1) частотное



#### 2) временное



## 1.1. Основные понятия и терминология

### Методы мультиплексирования

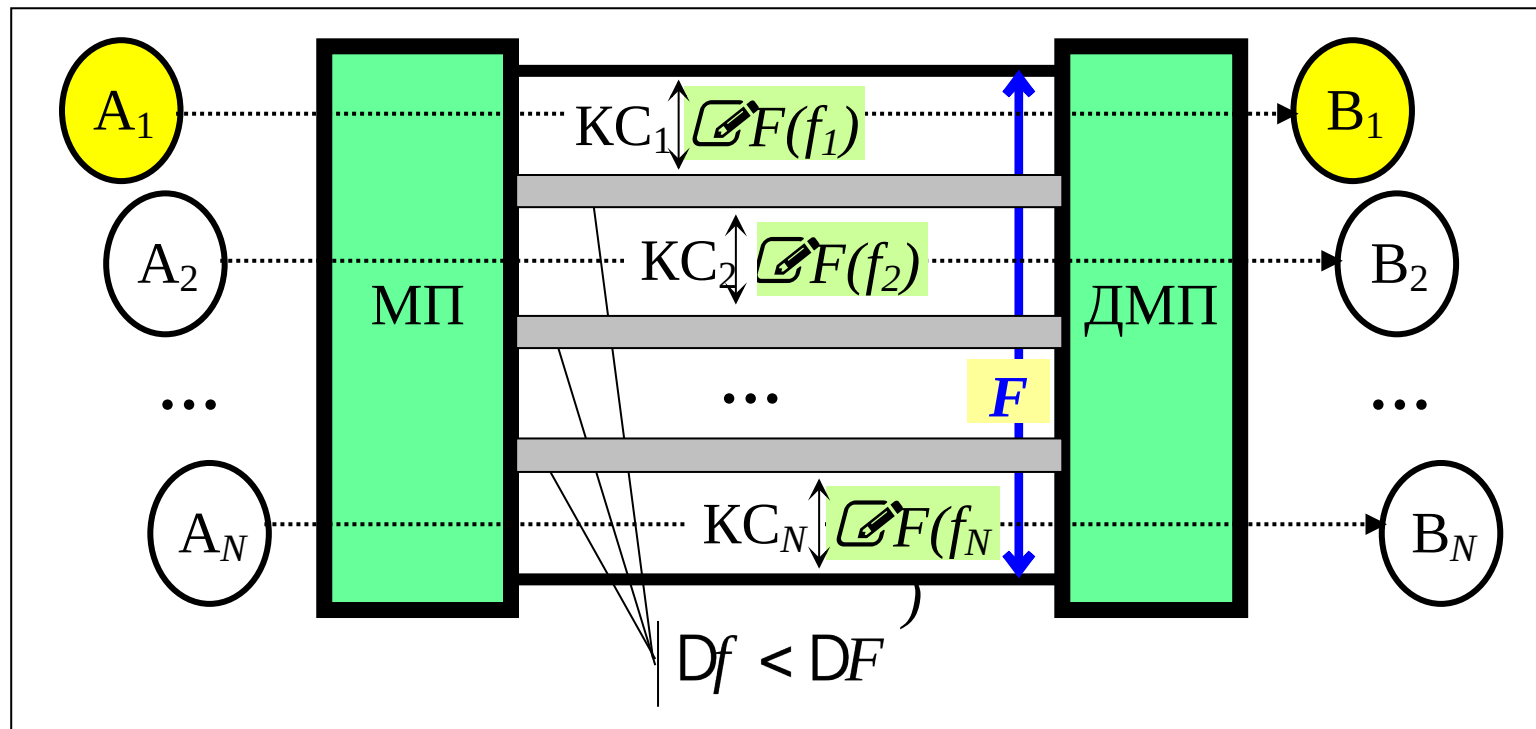
#### Методы мультиплексирования в компьютерных сетях

Частотное (FDM)

Временное (TDM)

Волновое (WDM)

### Частотное мультиплексирование (Frequency Division Multiplexing – FDM)



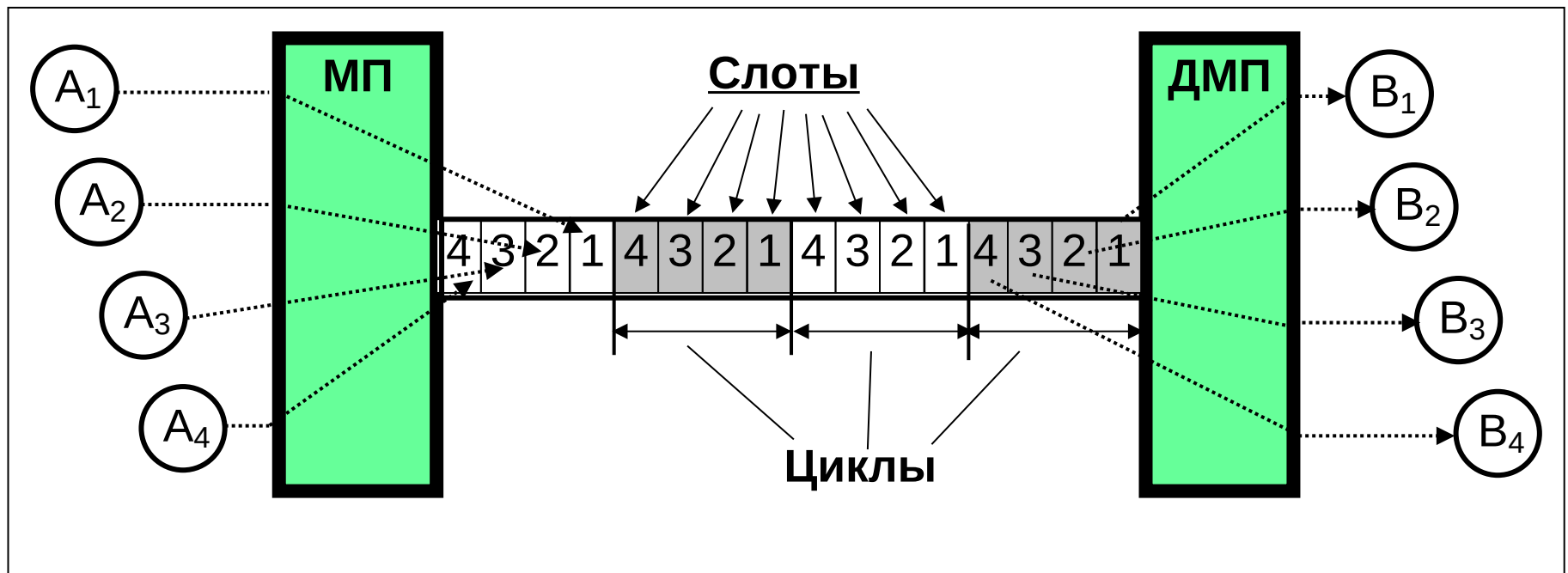
## 1.1. Основные понятия и терминология

### Методы мультиплексирования

#### Временное мультиплексирование (Time Division Multiplexing – TDM)

Статическое (синхронное)

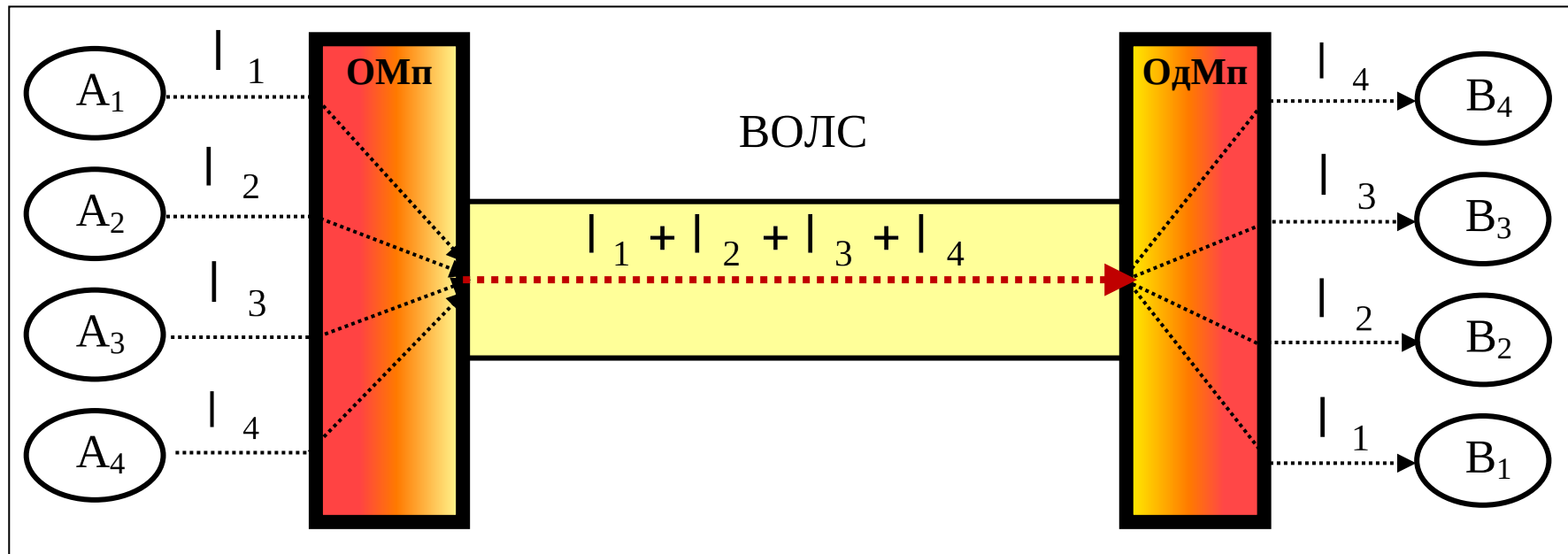
Статистическое (асинхронное)



## 1.1. Основные понятия и терминология

### Методы мультиплексирования

#### Волновое мультиплексирование – спектральное уплотнение (Wavelength Division Multiplexing – WDM)

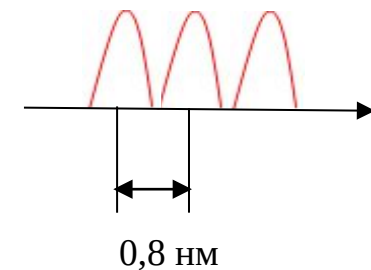


#### Грубое волновое мультиплексирование CWDM (Coarse WDM):

до 16 спектральных каналов (волн) по 2,5 Гбит/с с разнесом несущих в 20 нм

#### Уплотнённое волновое мультиплексирование DWDM (Dense WDM):

32, 40 и 80 спектральных каналов (от 10 до 100 Гбит/с и более) с разнесом несущих в 1,6 нм и 0,8 нм



# В чем отличие «компьютерной сети» от «многомашинного комплекса»?

- Передача данных на большие расстояния – наличие *связного (телекоммуникационного) оборудования*
- Данные передаются в виде структурированных блоков – *сообщений* (пакетов, кадров, ...)
- *Открытость* архитектуры

## 1.1. Основные понятия и терминология

### Состав компьютерных систем и сетей

Компьютерная сеть										
Вычислительная система (ВС)										
Вычислительный комплекс (ВК)										
ЭВМ (компьютер)										
Технические средства			Программные средства		Информационное обеспечение		Средства связи			
ВУ (ВЗУ, УВВ)	ОП	ПВВ (КВВ)	ЦП	...ЦП	ОС	ПП	СУБД	БД	КС	УС
									ЛС	

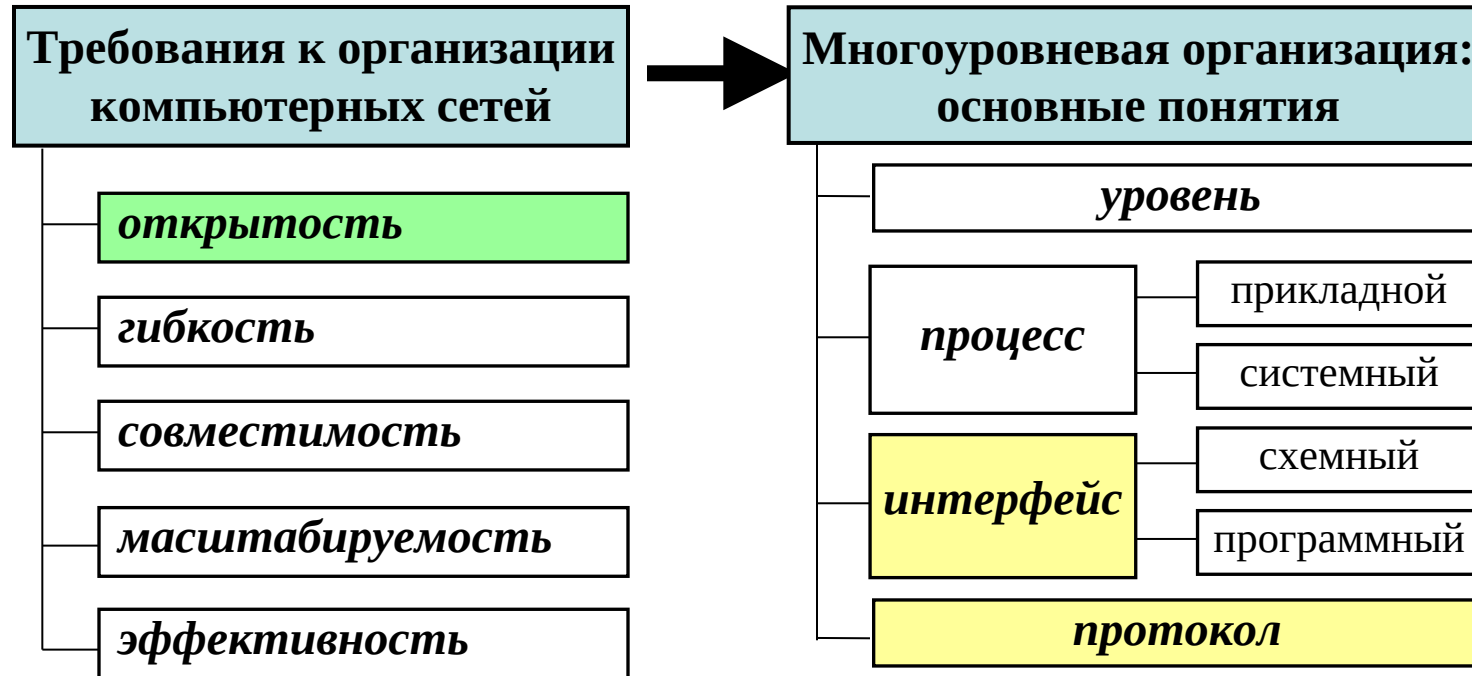
**Архитектура компьютерной сети** – множество технических и инженерных решений по структурной и функциональной организации сети, обеспечивающих определенную совокупность ее свойств и характеристик, рассматриваемую с точки зрения *пользователя* сети и отличающую данную конкретную сеть от любой другой сети.

**Технология компьютерной сети** – способы организации передачи и обработки данных, обеспечивающие достижение требуемой эффективности сети.



## 1.2. Многоуровневая организация компьютерных сетей

### Требования к организации компьютерных сетей



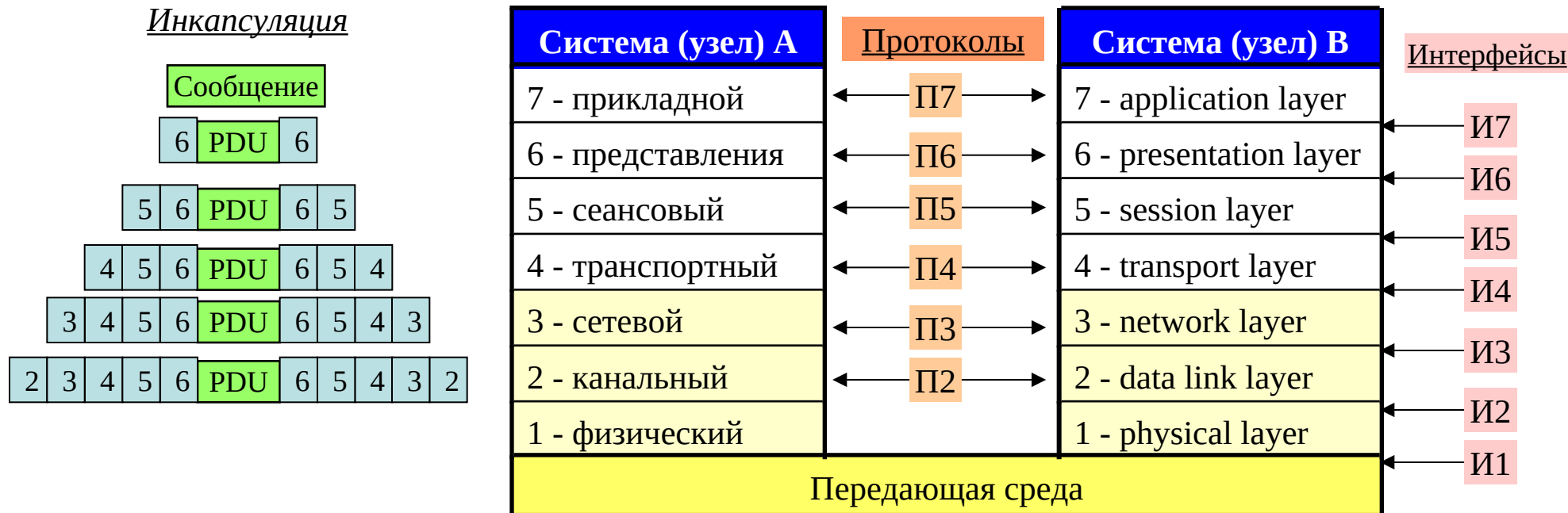
**Уровень (layer)** - понятие, позволяющее разделить всю совокупность функций обработки и передачи данных на несколько иерархических групп. На каждом уровне реализуются определенные функции обработки и передачи данных с помощью тех или иных аппаратных и программных средств сети.

Каждый уровень обслуживает вышележащий уровень и, в свою очередь, пользуется услугами нижележащего.

## 1.2. Многоуровневая организация компьютерных сетей

### Модель взаимодействия открытых систем

#### Семиуровневая OSI-модель :



- **OSI-модель** (Open Systems Interconnection) - модель Взаимодействия Открытых Систем (ВОС)
- **ISO** (International Standards Organization) - Международная Организация по Стандартам (МОС)

**PDU (Protocol Data Unit) - протокольный блок данных:** сообщение (message), дейтаграмма (datagram), пакет (packet), кадр (frame)

## 1.2. Многоуровневая организация компьютерных сетей

### Основные функции уровней OSI-модели

Уровень 7 – прикладной:



Уровень 6 – представления:



Уровень 5 – сеансовый:



Уровень 4 – транспортный:



Уровень 3 – сетевой:



Уровень 2 – канальный:



Уровень 1 – физический:

- подключение и отключение канала связи;
- кодирование / декодирование данных;
- модуляция / демодуляция сигнала;
- формирование и передача физических сигналов  
(**достоверность передачи по ЭЛС:  $10^{-4} - 10^{-6}$** )

## 1.2. Многоуровневая организация компьютерных сетей

### Уровень 7 – прикладной:

- **поддержка прикладных процессов** и программ конечного пользователя;
- управление взаимодействием прикладных программ с различными объектами сети;
- формирование интерфейса между прикладным программным обеспечением и системой связи.

### Уровень 6 – представления:

- **преобразование (перекодировка) данных** во внутренний формат каждой ЭВМ и обратно;
- шифрование и дешифрование данных с целью защиты от несанкционированного доступа;
- сжатие данных, что особенно актуально при передаче мультимедийных данных;
- управление информационным обменом.

### Уровень 5 – сеансовый:

- **установление соединения** с адресатом, управление сеансом и разрыв соединения;
- координация связи прикладных программ на двух взаимодействующих рабочих станциях

### Уровень 4 – транспортный (сегмент, дейтаграмма; адрес процесса – порт):

- разбиение длинных сообщений на более короткие – PDU (дейтаграммы, сегменты) при их передаче в сети и обратное преобразование;
- контроль последовательности прохождения PDU и регулирование трафика в сети;
- распознавание дублированных PDU и их уничтожение

### Уровень 3 – сетевой (пакет; сетевой адрес: 192.168.1. 4):

- **формирование пакетов;**
- **маршрутизация** и обработка ошибок,
- мультиплексирование и демultipлексирование пакетов;
- управление потоками данных в сети.

### Уровень 2 – канальный (кадр; MAC-адрес: 00-19-45-A2-B4-DE):

- **управление доступом** сетевых устройств к среде передачи;
- увеличение надежности передачи данных в канале связи (до  $10^{-8} - 10^{-9}$ );
- управление потоком для предотвращения перегрузок и блокировок

### Уровень 1 – физический (достоверность передачи по ЭЛС: $10^{-4} - 10^{-6}$ ):

- подключение и отключение канала связи;
- кодирование / декодирование данных и модуляция / демодуляция сигнала;
- формирование и **передача физических сигналов.**

## 1.2. Многоуровневая организация компьютерных сетей

### IEEE-модель локальных сетей

#### IEEE-модель :

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) -

Институт инженеров по электротехнике и электронике

Уровни OSI-модели	
7 - прикладной	
6 - представления	
5 - сеансовый	Подуровни IEEE- модели
4 - транспортный	
3 - сетевой	
2 - канальный	
	LLC
	MAC
1 - физический	

MAC (Medium Access Control) – управление доступом к  
среде передачи

MAC-адрес: **00-25-AF-98-DC-07**

LLC (Logical Link Control) – управление логическим  
соединением

предоставляет сервис трех типов:

- 1) без установления соединения и без подтверждения доставки;
- 2) без установления соединения с подтверждением доставки;
- 3) сервис с установлением соединения.

#### Необходимость деления на подуровни:

- увеличение числа функций;
- предоставление дополнительных услуг.

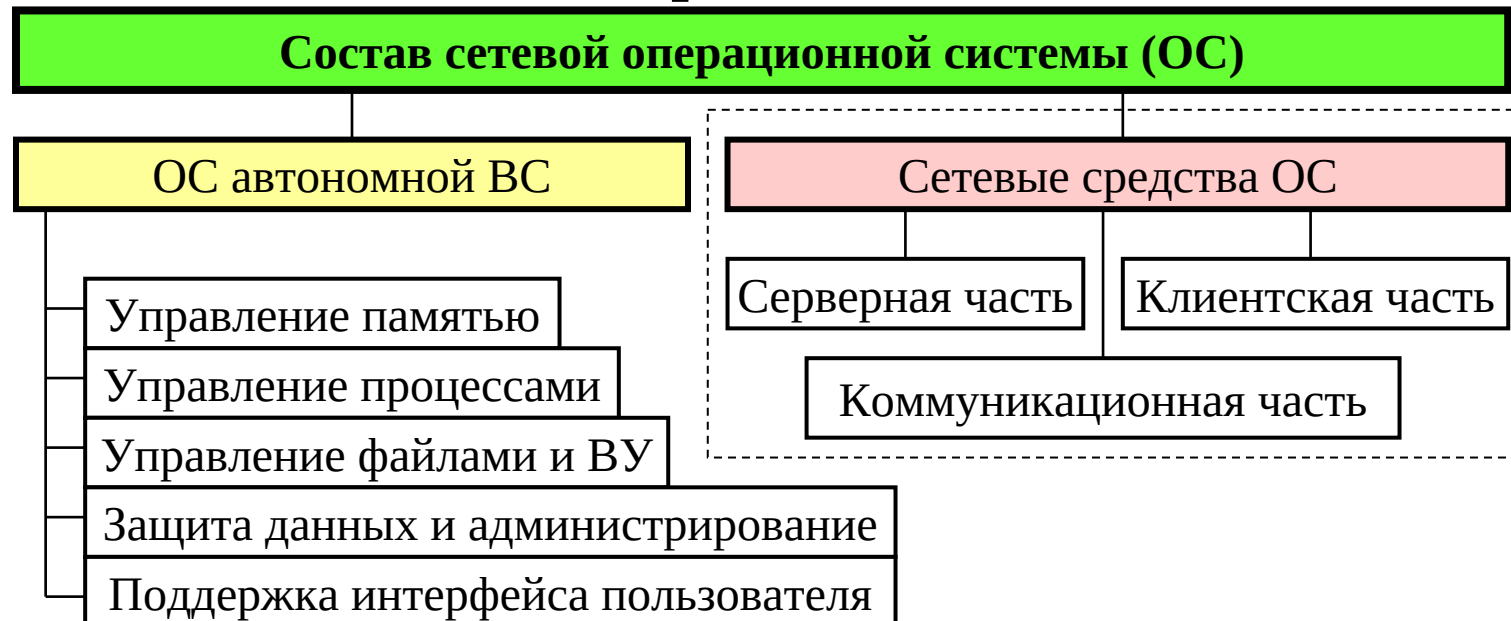
## 1.2. Многоуровневая организация компьютерных сетей

### Протокольные блоки данных (PDU)

Уровни OSI-модели		PDU	
7	Прикладной	<i>Сообщение</i>	Message
...	...	...	...
4	Транспортный	<i>Дейтаграмма Сегмент</i>	Datagram Segment
3	Сетевой	<i>Пакет</i>	Packet
2	Канальный	<i>Кадр</i>	Frame

Ячейка (в АТМ-сетях)

### Сетевая операционная система

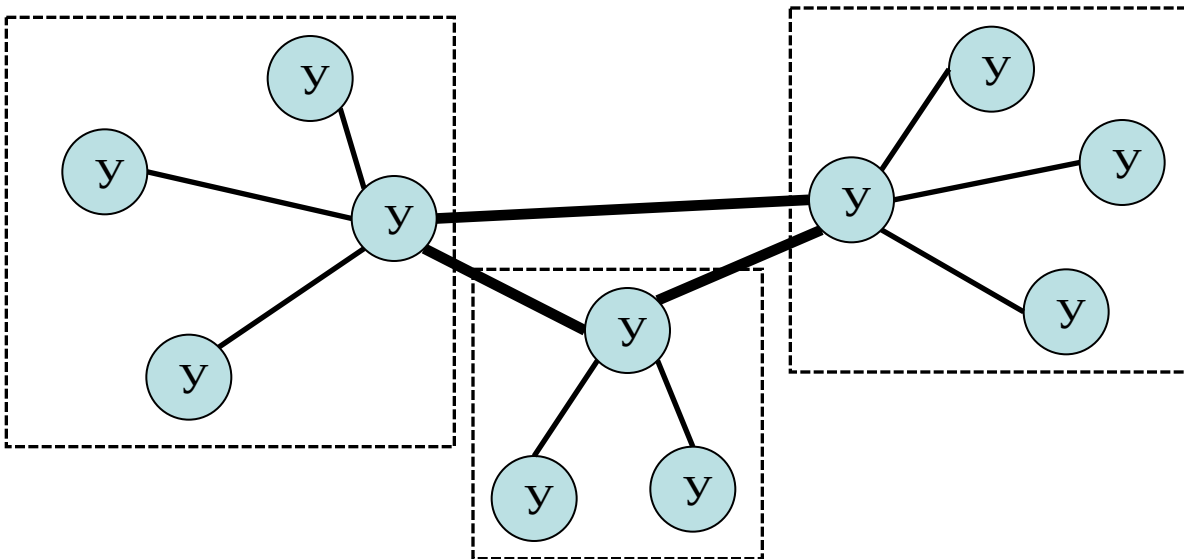


# 1.3. Структурная организация компьютерных сетей

## Типовые топологии

Структурная организация компьютерной сети определяется:

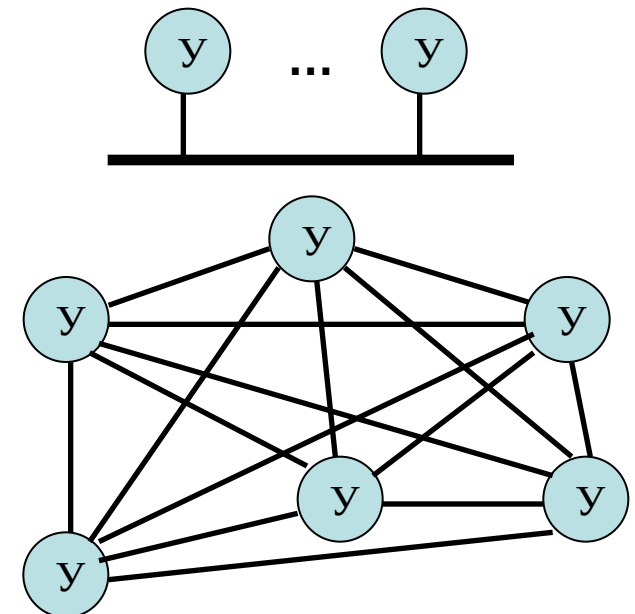
- *составом узлов* (количество и типы узлов);
- *топологией*;
- *производительностью узлов связи и пропускной способностью каналов связи.*



Следует различать: **физическую (структурную) топологию**;  
**логическую (функциональную) топологию.**

Основные топологии:

- «общая шина»;
- полносвязная,
- «кольцо»,
- «дерево»,
- «звезда» (узловая),
- смешанная,
- многосвязная.



### 1.3. Структурная организация компьютерных сетей

## Сравнительный анализ топологий

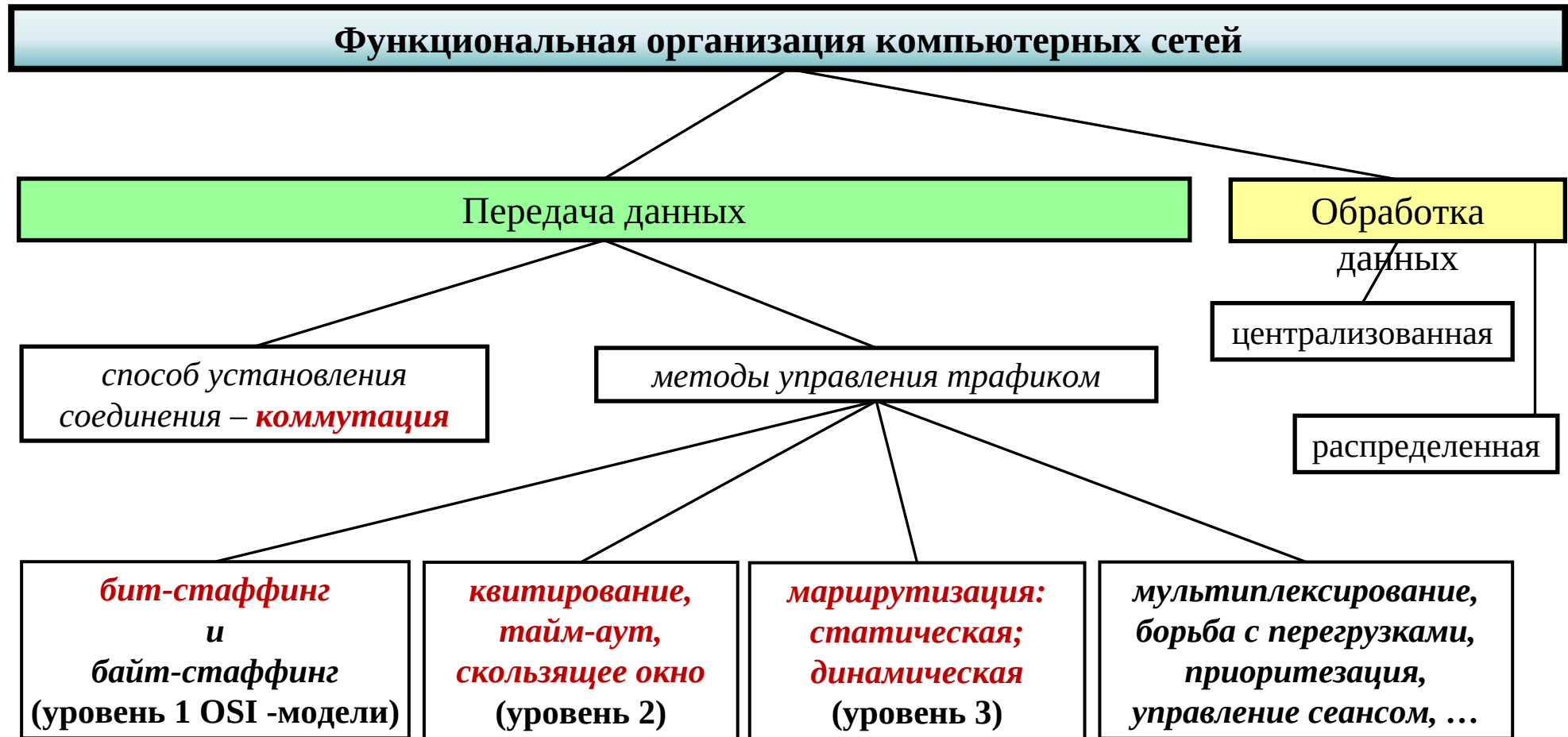
Сравнительный анализ топологий проводится на основе следующих признаков:

- **простота** (сложность) структурной и функциональной организации;
- **надежность**, определяемая наличием альтернативных путей;
- **производительность** сети (реальная и эффективная скорость передачи данных [бит/с]; количество передаваемых за единицу времени пакетов);
- **время доставки** сообщений, например в хопх (hop);
- **стоимость**, зависящая как от состава оборудования, так и от сложности реализации.

Показатель	Топология						
	ОШ	Звезда	Дерево	Кольцо	Полно-связная	Смешанная	Много-связная
Простота	1	2	2	3	5	4	4
Стоимость	1	2	2	3	5	4	4
Надёжность	5	4	4	3	1	2	2
Производительность	5	4	4	3	1	2	2
Время доставки	3	2	4	5	1	3	3

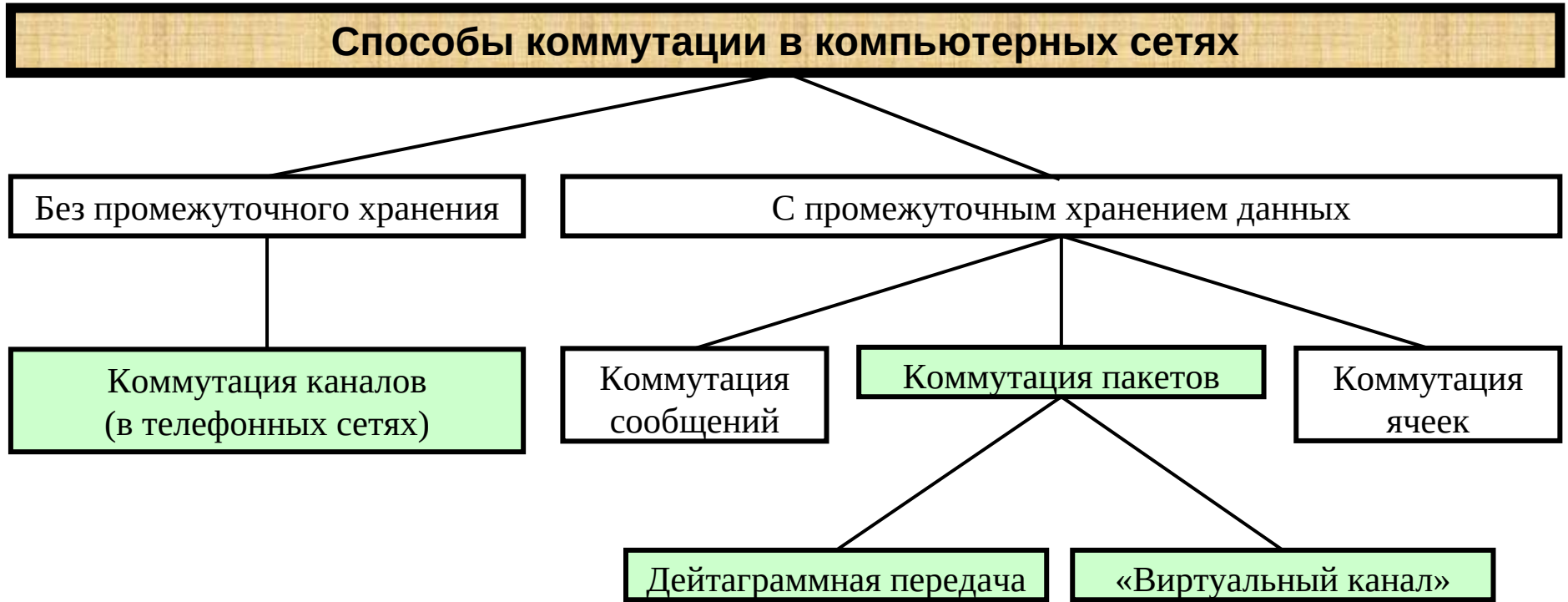


## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей



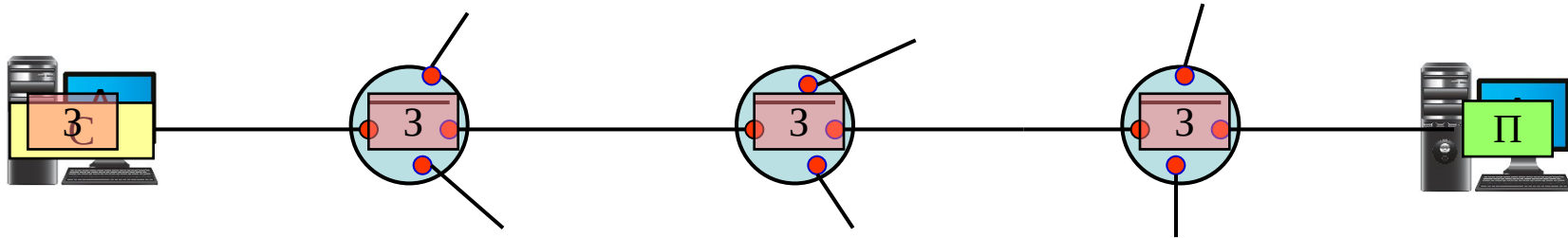
## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Коммутация



## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Коммутация каналов (КК)



#### Достоинства КК:

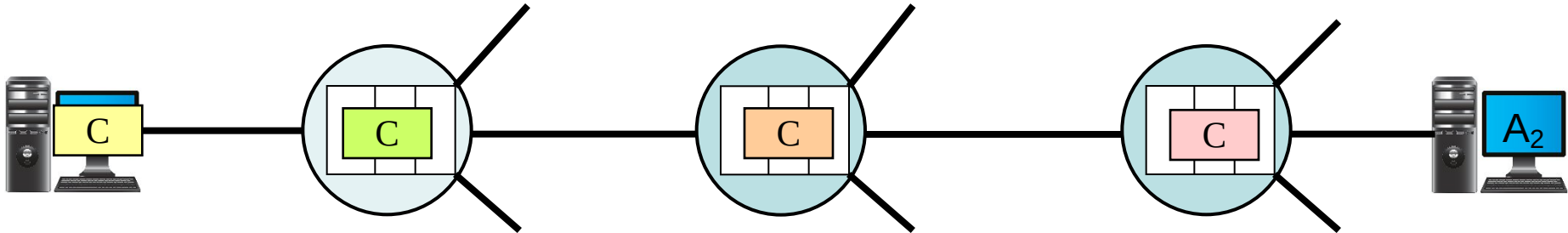
- возможность использования существующей инфраструктуры и каналов связи *телефонной сети*;
- *не требуется память* в транзитных узлах для хранения сообщений;
- эффективна при передаче *длинных сообщений*.

#### Недостатки КК:

- *низкое качество* телефонных каналов и, как следствие *невысокие скорости* передачи данных;
- каналы должны иметь *одинаковые пропускные способности* на всем пути передачи;
- *большие накладные расходы* на установление соединения при передаче коротких сообщений.

## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Коммутация сообщений (КС)



#### Достоинства КС:

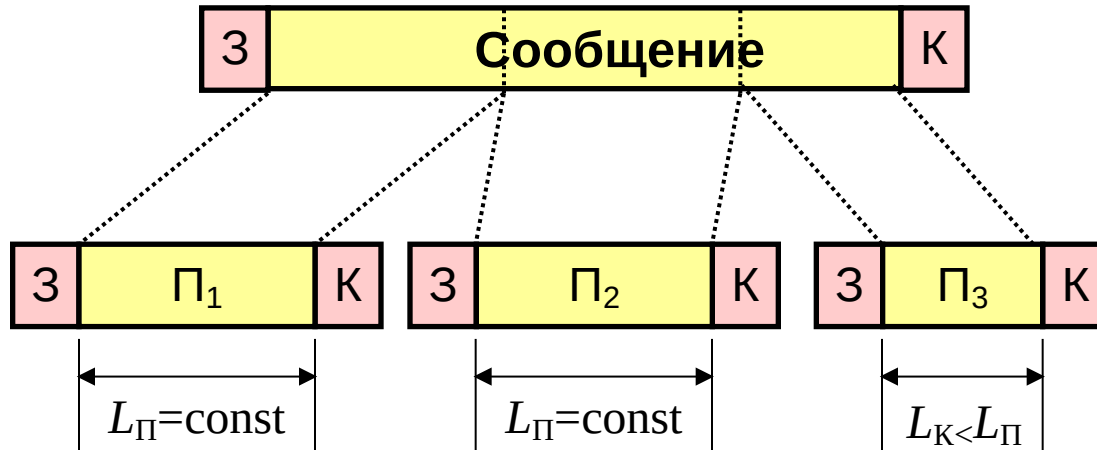
- не требуется предварительное установление соединения, что существенно *снижает накладные расходы*;
- каналы связи на всем пути передачи могут иметь *разные пропускные способности*;
- в промежуточных узлах происходит *регенерация* передаваемых сигналов.

#### Недостатки КС:

- необходимость хранения сообщений в промежуточных узлах требует *значительной ёмкости памяти* при *разных длинах* передаваемых сообщений;
- *задержка в промежуточных узлах* может оказаться значительной;
- *монополизация среды передачи* длинными сообщениями.

## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Коммутация пакетов (КП)



Размер пакета  $L_{\Pi} = ?$

#### Достоинства КП:

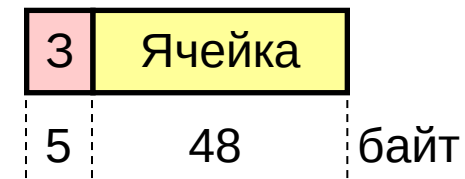
- время доставки сообщений **меньше**, чем при коммутации сообщений;
- более эффективное использование буферной памяти;
- более эффективная организация надежной передачи данных;
- не монополизирована среда передачи;
- меньше задержка пакетов в узлах.

#### Недостатки КП:

- более высокие накладные расходы на анализ и передачу заголовков всех пакетов сообщения;
- необходимость сборки сообщения из пакетов в узле назначения.

### Коммутация ячеек

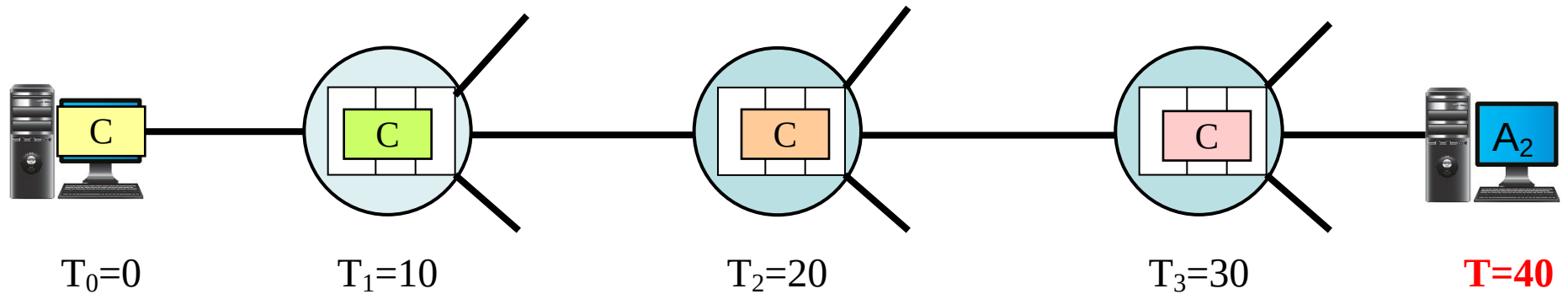
В АТМ-технологии:



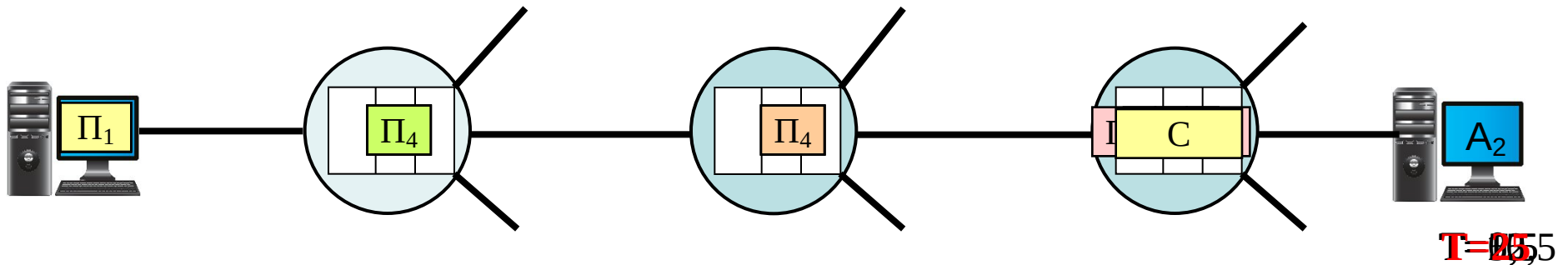
## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Сравнительный анализ коммутации сообщений и коммутации пакетов

#### Коммутация сообщений



#### Коммутация пакетов (сообщение разделено на 4 пакета)

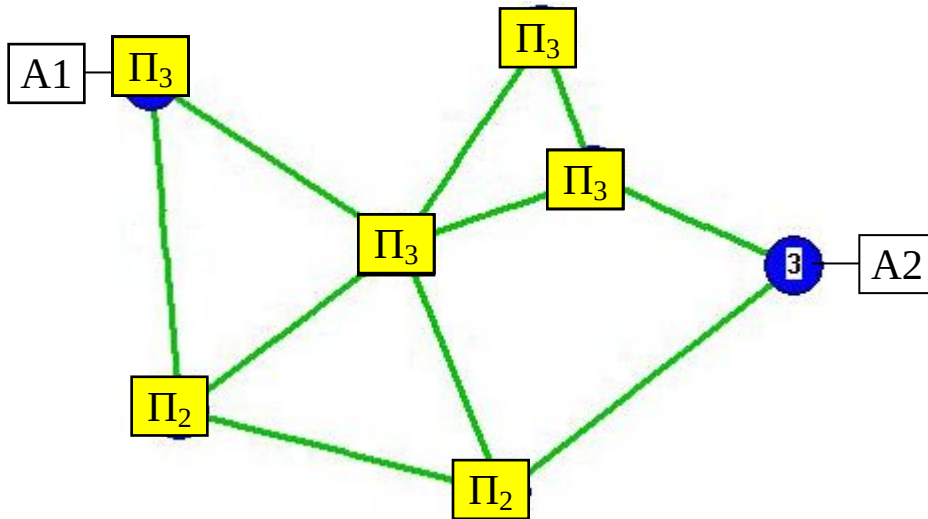


## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Способы передачи пакетов

#### 1. Дейтаграммный:

- а) без установления соединения;
- б) с установлением соединения



#### Достоинства:

- простота организации и реализации передачи данных без установления соединения;
- каждый пакет выбирает наилучший путь;
- возможность установления соединения.

#### Недостатки:

- произвольный порядок прибытия в конечный узел и, как следствие,
  - большое время ожидания прихода всех пакетов для сборки сообщения;
  - возможность переполнения буферной памяти;
- затраты ресурсов на установление соединения.

#### 2. «Виртуальный канал»

#### Достоинства:

- меньшие задержки в узлах сети за счёт резервирования ресурсов;
- небольшое время ожидания в конечном узле;
- более эффективное использование буферной памяти узлов сети.

#### Недостатки:

- наличие накладных расходов (дополнительных затрат) на **установление соединения**;
- неэффективное использование ресурсов сети, поскольку они резервируются на все время взаимодействия абонентов (сеанса).

## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Задачи управления трафиком

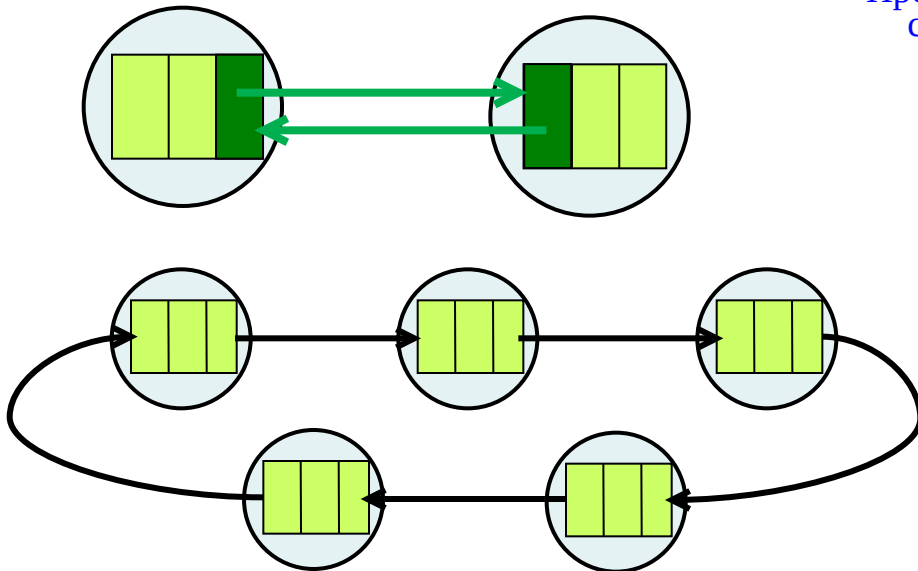
#### Особенности сетевого трафика:

- *неоднородность* потока данных;
- *разные требования* к качеству передачи данных разных типов;
- *нестационарность* трафика;
- возникновение *перегрузок* в сети.

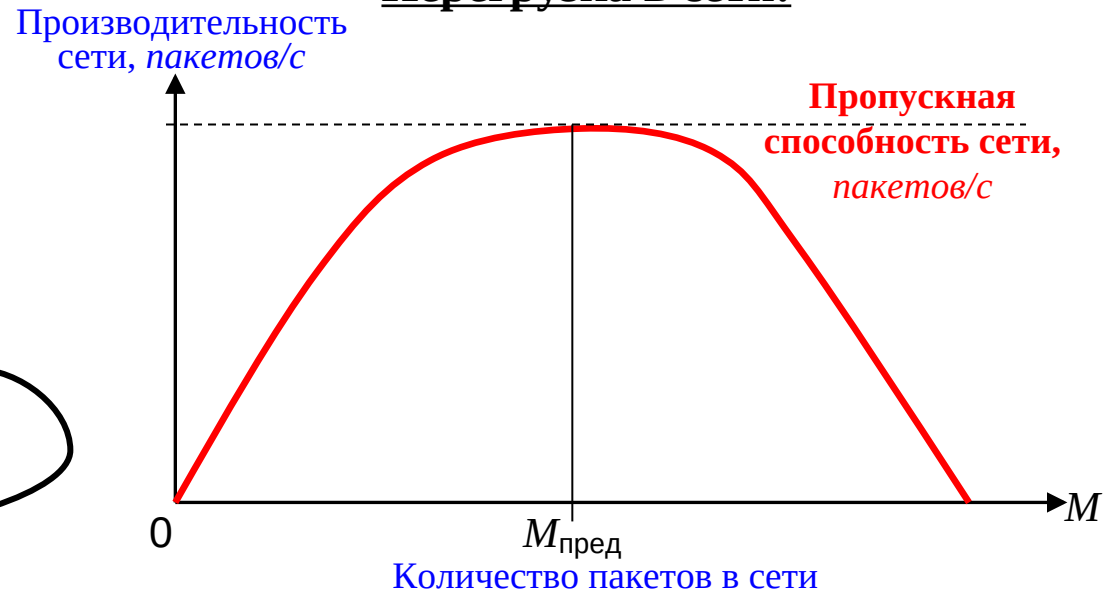
#### Основные задачи управления трафиком:

- *малые задержки* при передаче по сети;
- *надежная передача* данных (без потерь);
- *эффективная загрузка* оборудования (каналов и узлов) сети;
- предотвращение *перегрузок* и *блокировок*.

#### Блокировки в сети:



#### Перегрузка в сети:





## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### 1. Управление трафиком на физическом уровне

**На физическом уровне** – выделение кадров из потока битов (разделение на кадры):

- 1) указание в заголовке кадра его длины (недостаток – неустойчивость к помехам);
- 2) использование в качестве границы кадров запрещенных сигналов физического уровня;
- 3) использование в качестве границы кадров специальных стартовых и стоповых символов (байт) - байт-стаффинг;
- 4) использование в качестве границы кадров специальных последовательностей битов – бит-стаффинг (bit stuffing).

01110110111111111000010011111101000000101001011111001001

1000111111011001110101111001111101100001111111

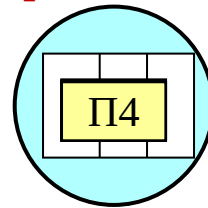
01111110 100011111010110011101011110011111001100001111101 01111110

0010011111101000111110101100111010111100111110011000011111011011111100011

# 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

## 2. Управление трафиком на канальном уровне

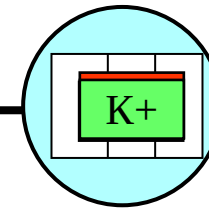
Ширина окна=4



Загрузка канала:

$$10/25 = 40\%$$

$$40/55 = 73\%$$



**Протоколы:**  
**HDLC, LAP-M**

**T=00**

На канальном уровне управление

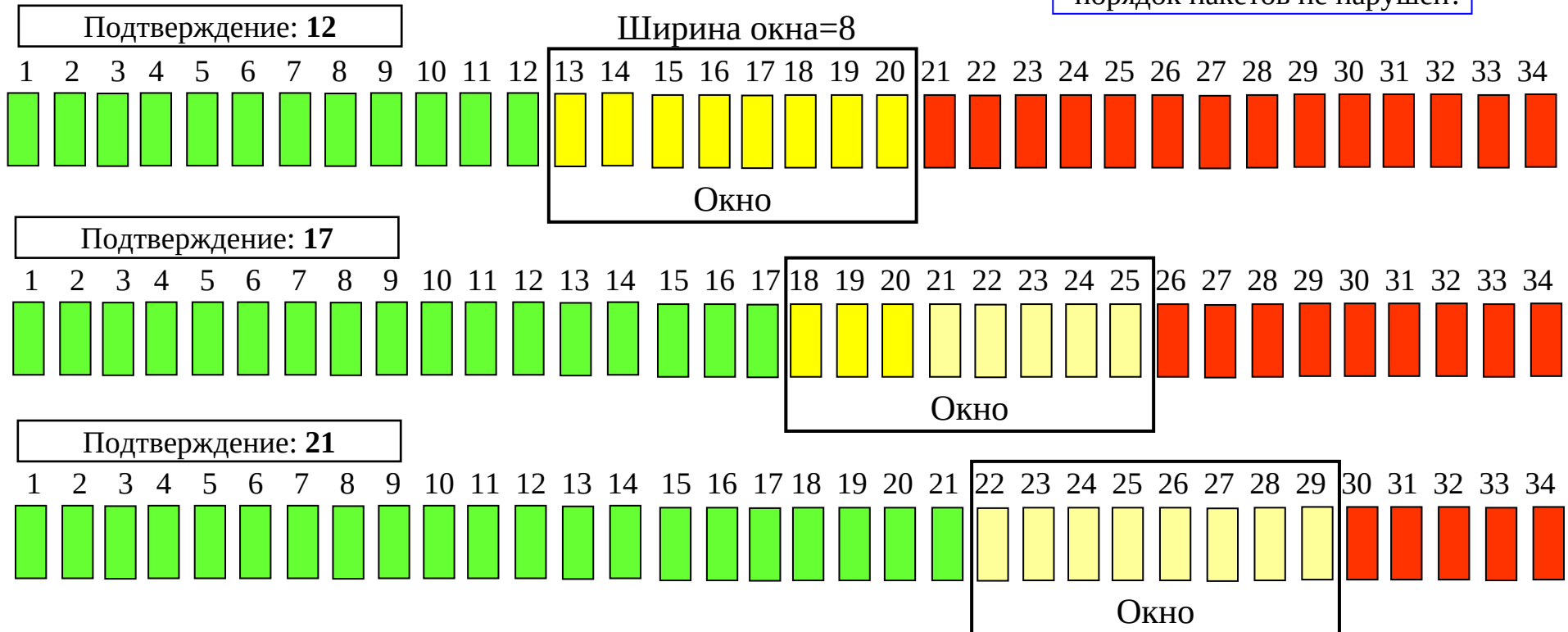
поток в канале связи между двумя узлами реализуется за счет применения:

- механизма квитирования;
- механизма **тайм-аута**;
- механизма скользящего окна.

**К+** - пакет удаляется из буфера  
**К-** - пакет посылается повторно

**Проверка:**

- пакет не искажен?
- порядок пакетов не нарушен?



## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### 3. Управление трафиком на сетевом уровне – маршрутизация

#### Методы маршрутизации

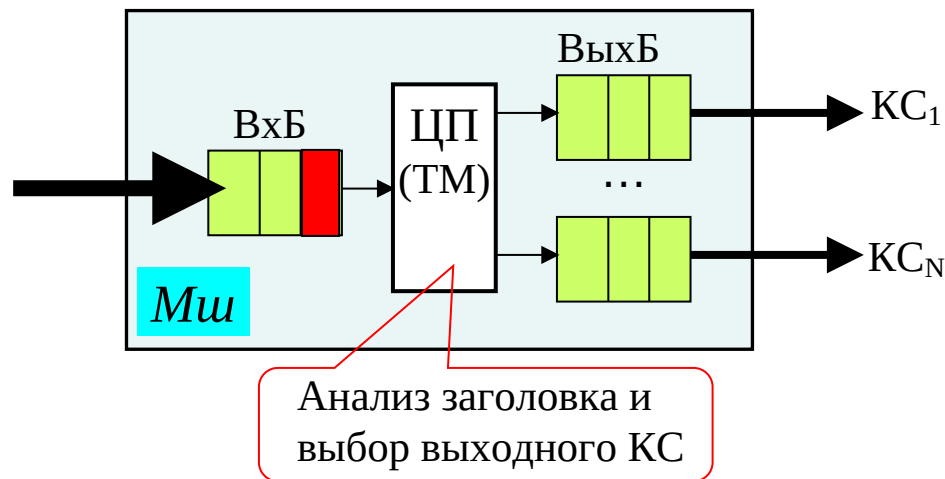
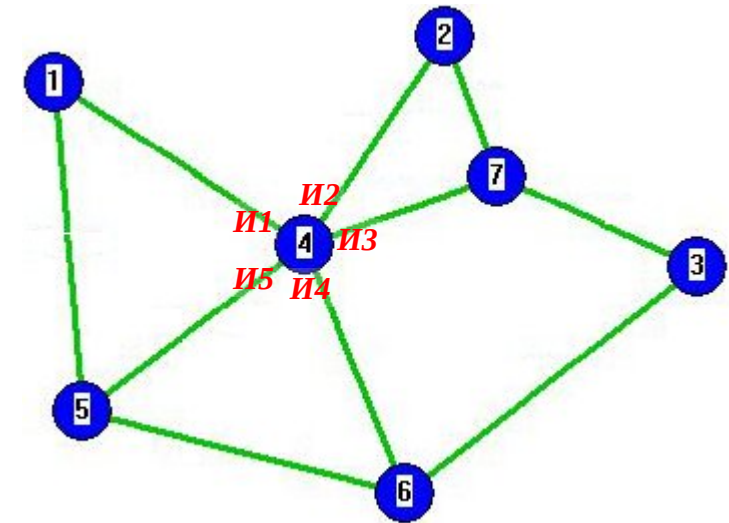
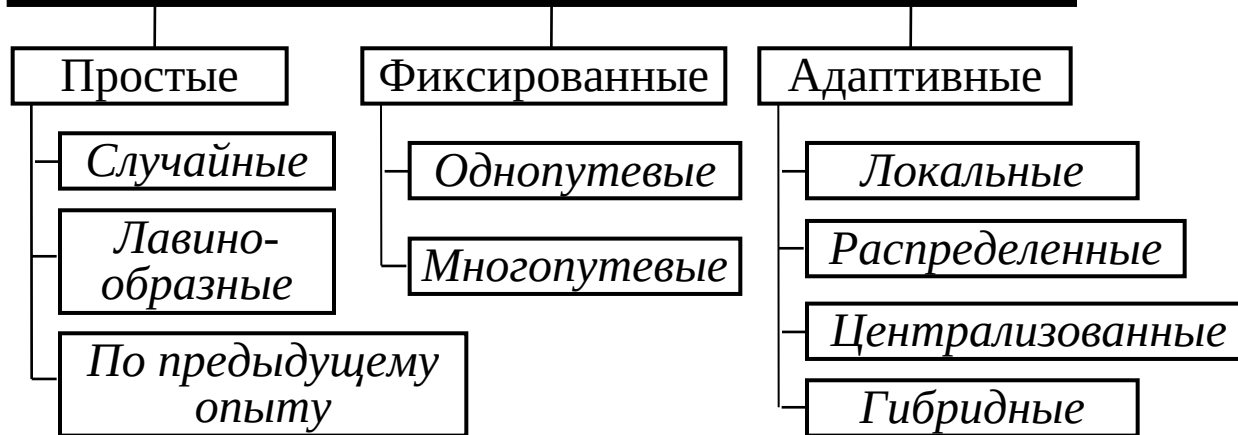


Таблица маршрутизации (ТМ) **узла 4**

Сетевой адрес	Интерфейс	Метрика
1	<b>И1</b>	0
2	<b>И2</b>	0
2	<b>И3</b>	1
3	<b>И3</b>	0,5
3	<b>И4</b>	1,5
5	<b>И5</b>	0

## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### Маршрутизация по предыдущему опыту

АП	АО	P	...		
$Y_{10}$	$Y_1$	0	...	Данные	КС

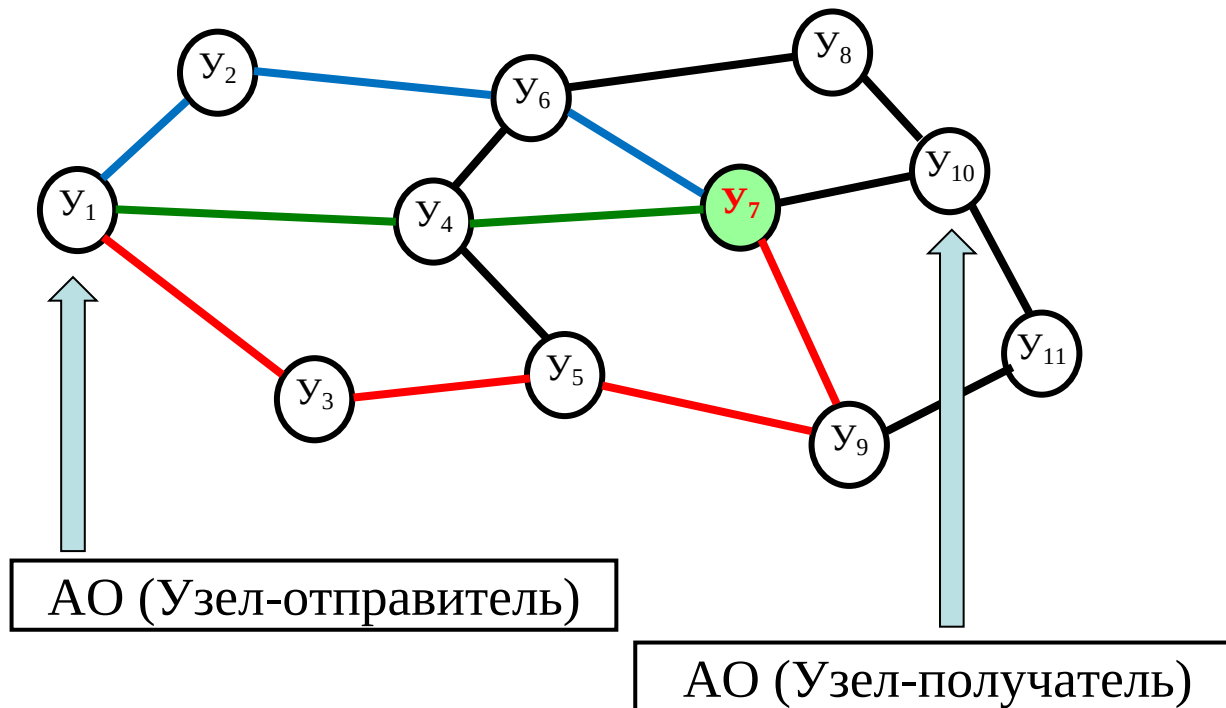


Таблица маршрутизации узла  $Y_7$  (1)

АН	АСУ	Расстояние (P)
$Y_1$	$Y_9$	3
...	...	...

Таблица маршрутизации узла  $Y_7$  (2)

АН	АСУ	Расстояние (P)
$Y_1$	$Y_6$	2
...	...	...

Таблица маршрутизации узла  $Y_7$  (3)

АН	АСУ	Расстояние (P)
$Y_1$	$Y_4$	1
...	...	...

## 1.4. Функциональная организация компьютерных сетей

### **Управление трафиком на высших уровнях OSI-модели**

**На транспортном уровне** управление потоком *между конечными узлами* компьютерной сети может быть реализован за счет:

- квитирования на основе скользящего окна (например, в протоколе TCP);
- установления приоритетов между различными типами трафика;
- применения методов борьбы с перегрузками в сети (когда скорость передачи данных от отправителя выше скорости получателя) путем:
  - уменьшения объемов передаваемых данных (размера скользящего окна) при возникновении перегрузок;
  - ограничения поступающего от абонента трафика;
- ограничения доступа – количества пакетов в сети (изаритмический алгоритм).

**На сеансовом уровне** управление трафиком в коммутируемых сетях сеансом связи реализуется за счет:

- применения различных способов установления, поддержки и разрыва соединения между абонентами;
- приоритезации трафика.

## 1.5. Стеки сетевых протоколов

**Стек протоколов** – множество протоколов разных уровней одной сетевой технологии:

	OSI-модель	IEEE-модель		TCP/IP	XNS(IPX)	AppleTalk	DECnet	SNA
7	Прикладной	Прикладной		Прикладной	Прикладной	Представления	Прикладной (пользователь-ский)	Сервис транзакций
6	Представления				Контрольный		Сетевые приложения	Представитель-ный сервис
5	Сеансовый (сессионный)					Сессионный	Контроль сессии	Контроль потока данных
4	Транспортный			Транспортный	Транспортный	Коммуникации "конец-связи"	Контроль передачи	
3	Сетевой			Межсетевой	Межсетевой	Сетевой	Маршрутизаци-онный	Контроль маршрута
2	Канальный (передачи данных)	Каналь-ный	LLC	Сетевой интерфейс	Канальный интерфейс	Канальный	Канальный	Контроль канала
			MAC					
1	Физический	Физический						Физический



### РЕЗЮМЕ:

1. Данные и информация
2. Вычислительная машина, комплекс и система
3. Линия и канал связи
4. Симплексный, дуплексный и полудуплексный канал связи
5. Непрерывные и дискретные данные и сигналы
6. Кодирование и модуляция
7. Витая пара, коаксиальный кабель, оптическое волокно
8. Беспроводные системы связи (сотовая и спутниковая связь)
9. Полоса пропускания и пропускная способность канала связи



## 1.1. Основные понятия и терминология

«Полоса пропускания» и «Пропускная способность»  
канала связи – это одно и то же?

От чего зависит пропускная способность канала связи?

## 1.1. Основные понятия и терминология

64 кбит/с = 64 000 бит/с или 65 536 бит/с ?

2 Мбит/с = 2 000 000 или 2 048 000 бит/с ?

Есть ли разница между понятиями «пропускная способность» канала связи и «скорость передачи» по каналу?