

ОСНОВЫ  
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ

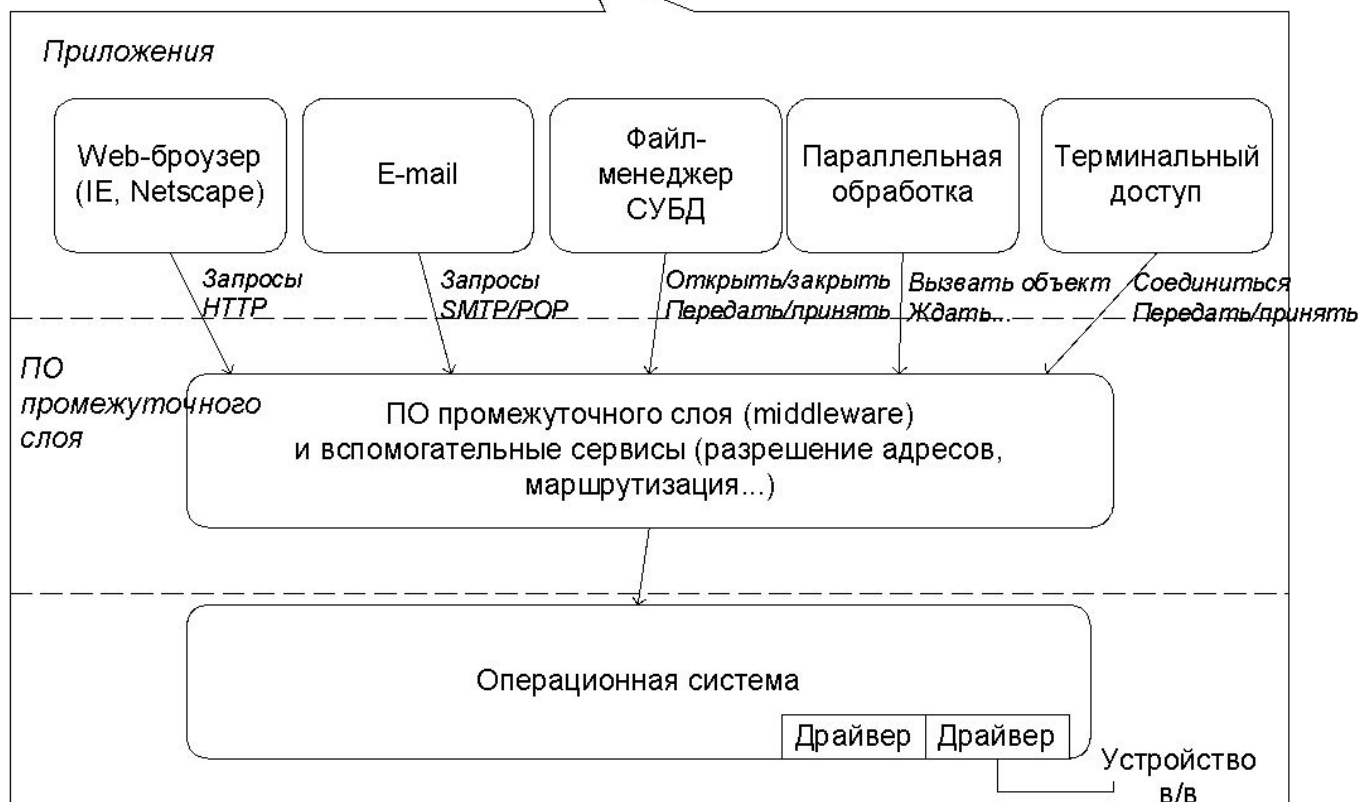
*Блок 2: Сетевые модели*

Князев Кирилл Григорьевич  
руководитель группы ОАО «МТС»  
к.т.н., с.н.с.

# Виды сетевых моделей

- Архитектурные (...Эталонная модель взаимосвязи открытых систем ISO – Open Systems Interconnection Basic Reference Model)
- Структурно-топологические (...графы, сети)
- Модели трафика
- Алгоритмические модели (...модели представления алгоритмов – SDL, MSC)

# Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (X.200/ISO 7498)



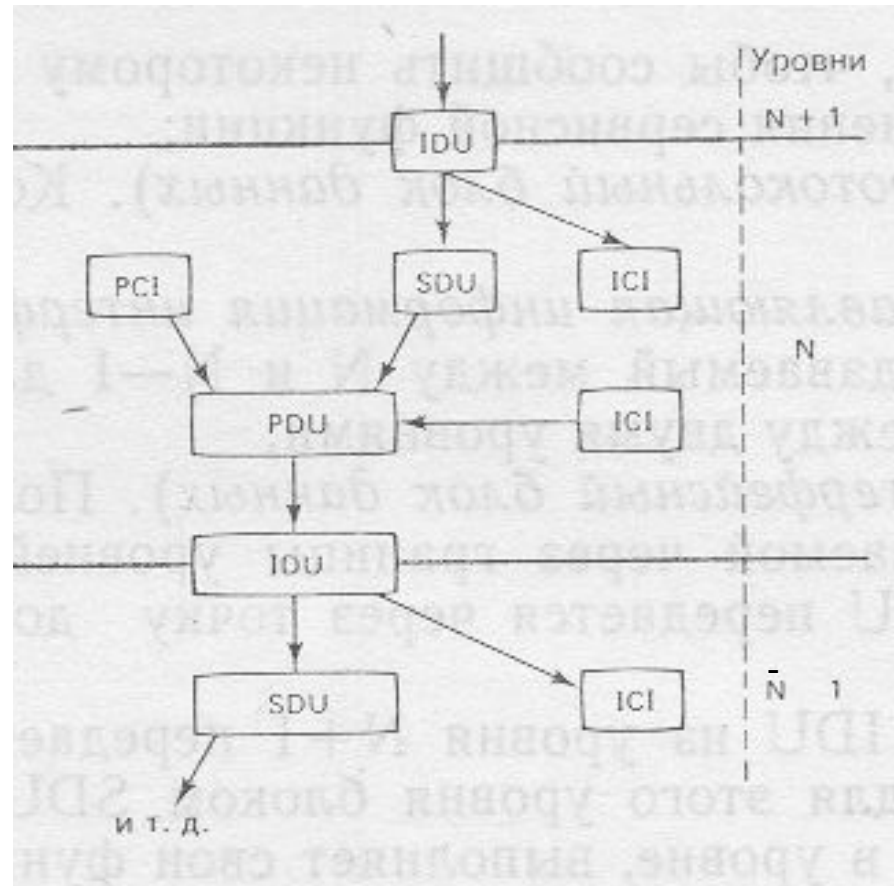
# Эталонная модель взаимосвязи

## ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ (X.200/ISO 7498)



# Эталонная модель ВОС

## Обмен данными между уровнями



SDU — блок сервисных данных; PCI — управляющая информация протокола; PDU — блок протокольных данных; IDU — блок интерфейсных данных; ICI — управляющая информация интерфейса.

# Физический уровень ЭМ ВОС

Обеспечивает:

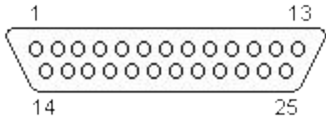
- Механические
- Электрические
- Функциональные
- Процедурные

средства для

установления/поддержки/разъединения физических соединений  
для прозрачной передачи **последовательности бит**

(дуплекс / полудуплекс,  
точка-точка / многоточка)

# Физический уровень: интерфейс V.24/V.28 (RS-232)



Вилка / в  
DTE (ООД)

Pin	Name	ITU-T	Dir	Description
1	GND	101		Shield Ground
2	TXD	103		Transmit Data
3	RXD	104		Receive Data
4	RTS	105		Request to Send
5	CTS	106		Clear to Send
6	DSR	107		Data Set Ready
7	GND	102		System Ground
8	CD	109		Carrier Detect
9	-		-	RESERVED
10	-		-	RESERVED
11	STF	126		Select Transmit Channel
12	S.CD	?		Secondary Carrier Detect
13	S.CTS	?		Secondary Clear to Send
14	S.TXD	?		Secondary Transmit Data
15	TCK	114		Transmission Signal Element Timing
16	S.RXD	?		Secondary Receive Data
17	RCK	115		Receiver Signal Element Timing
18	LL	141		Local Loop Control
19	S.RTS	?		Secondary Request to Send
20	DTR	108		Data Terminal Ready
21	RL	140		Remote Loop Control
22	RI	125		Ring Indicator
23	DSR	111		Data Signal Rate Selector
24	XCK	113		Transmit Signal Element Timing
25	TI	142		Test Indicator

# Канальный уровень (уровень звена данных) ЭМ ВОС

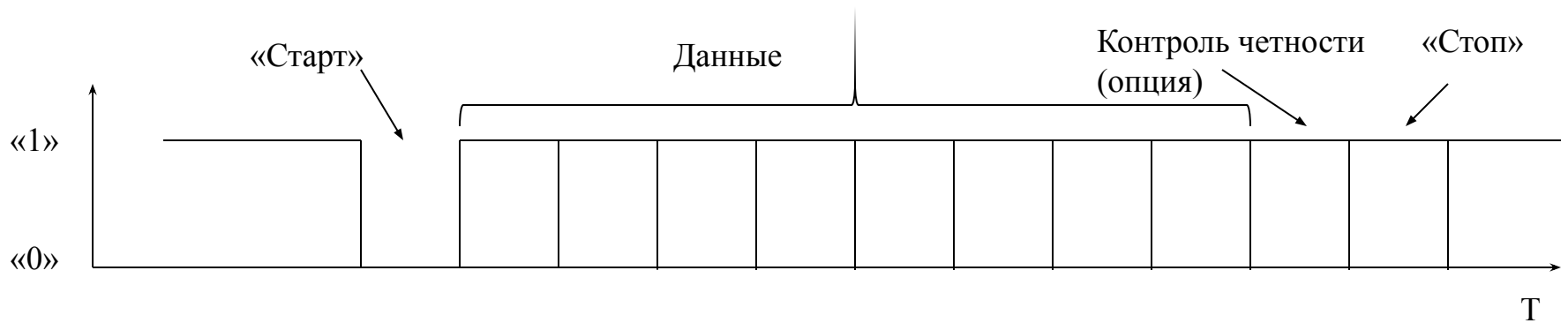
Обеспечивает установление /поддержание /разъединение канальных соединений, средства надежной передачи канальных блоков данных (кадров).

Реализует функции:

- Установления/разъединения соединений,
- Адресации
- Разграничения кадров
- Обнаружение (исправление) ошибок
- Управление потоками передачи

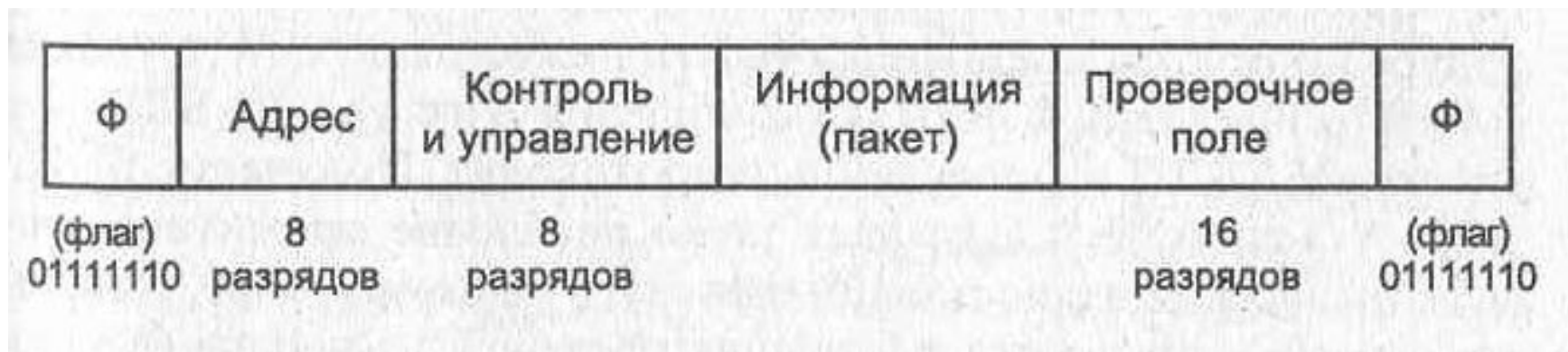


# Канальный уровень : асинхронная передача знаков (ISO 1177)



# Канальный уровень :

## HDLC – «высокоуровневое управление звеном (ISO 3309)



# Сетевой уровень ЭМ ВОС

Обеспечивает установление /поддержание /разъединение сетевых соединений, средства передачи сетевых блоков данных (пакетов) между открытыми системами, не связанными (в общем случае) непосредственно каналами передачи.

Реализует функции:

- Установления/разъединения соединений,
- Адресации
- Пакетирование/сборку информационных блоков
- Маршрутизацию/коммутацию пакетов
- Обнаружение (исправление) ошибок

# Взаимосвязь открытых систем и её реализация в:

## ISO/OSI

7		X.500	VT	FTAM	JTM	другие
6	X.400	Представительный протокол OSI				
5	Сеансовый протокол OSI					
4	Транспортные протоколы OS: (классы 0-4)					
3	<i>ES-ES IS-IS</i> Сетевые протоколы с установлением и без установления соединений					
2	Ethernet (OSI-8802.3, IEEE-802.3)	Token Bus (OSI-8802.4, IEEE-802.4)	Token Ring (OSI-8802.5, IEEE-802.5)	X.25 HDLC LAP-B	ISDN	FDDI (ISO- 9314)
1						

Уровни  
модели  
OSI

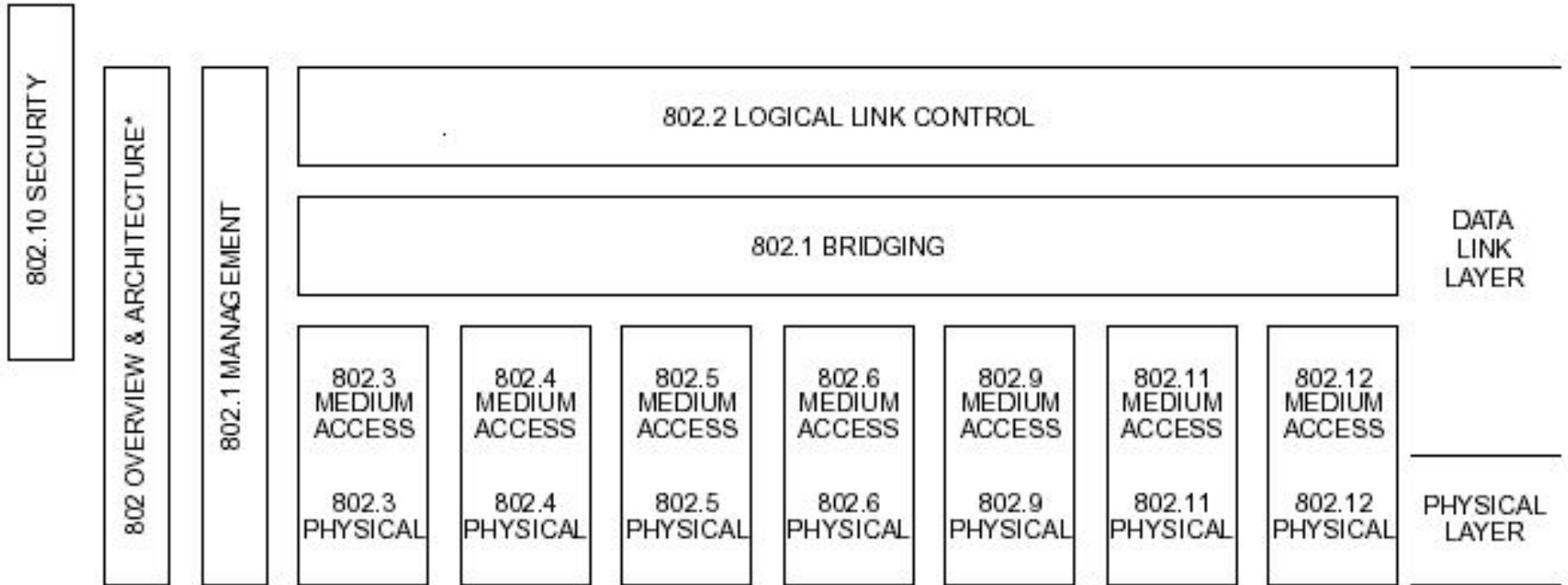
## Internet

7							I	
6	WWW, Copher, WAIS	SNMP	FTP	telnet	SMTP	TFTP		
5	TCP						UDP	II
4								
3	IP	ISMP	RIP	OSPF			III	
2	Не регламентируется Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, SP1P.							IV
1								

Уровни  
модели  
OSI

Уровни  
стека  
TCP/IP

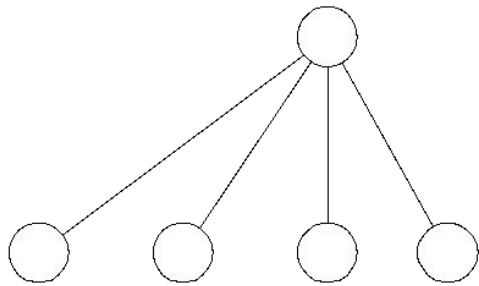
# Протоколы локальных сетей 802



# Структурно-топологические модели сетей

Граф – упорядоченная пара  $\{V, E\}$ , где  $V = \{v_i\}$  – множество вершин,  $G = \{(v_i, v_j)\}$  – множество ребер

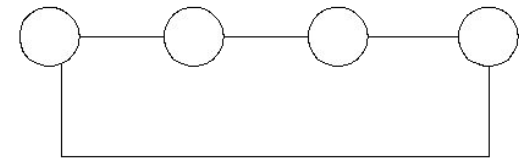
Звезда



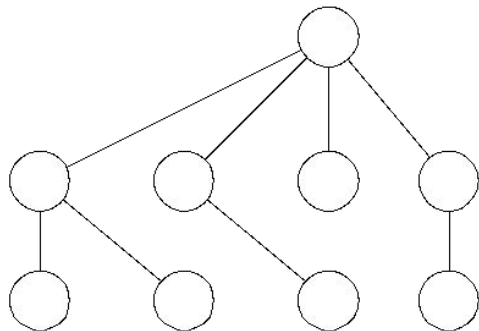
Линия



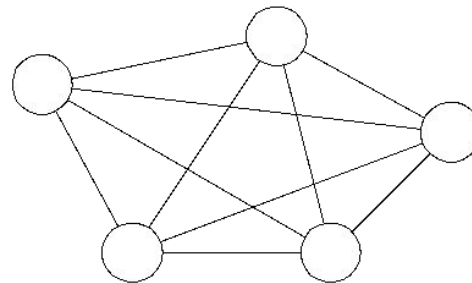
Кольцо



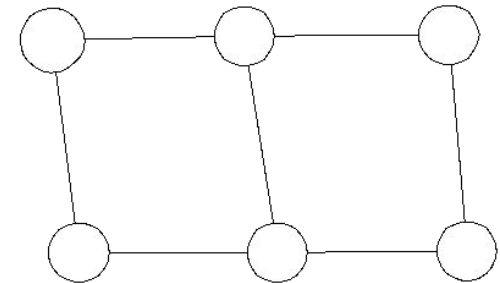
"Дерево"



Полносвязная



"Решетка" (mesh)



# Структурно-топологические модели сетей (2)

## Достоинства теоретико-графовых моделей:

1. Адекватны и естественны при моделировании структурно – топологических свойств сетей
2. Имеют собственный эффективный (по сложности вычислений) алгоритмический аппарат анализа и синтеза

## Целевые свойства графов:

- *Связность* (наличие пути между любыми двумя вершинами)
- *Двухсвязность* (отсутствии «разделяющей» вершины, удаление которой делает граф несвязным)
- Планарность
- Эйлеровость / Гамильтоновость
- К-раскрашиваемость
- *Эффективность* (оптимальность в сетях)

# Структурно-топологические модели сетей (3)

## **Анализ связности графов:**

1. В теоретико-графовом представлении: выполнить алгоритм «поиск в глубину» (или ...»в ширину»); если в покрывающее дерево вошли все вершины – граф связан.
2. В матричном представлении: граф связан тогда и только тогда, когда ( $A$  – матрица смежности):

$$\sum_{i \leq N-1} A^i \neq 0$$

## **Анализ двухсвязности графов:**

1. Поочередное исключение всех вершин (с инцидентными ребрами) с проверкой связности получившихся графов.



# Моделирование трафика: измерение трафика

Пусть поток заявок обслуживается  $N$  обслуживающими приборами

**Интенсивность** = Количество занятых приборов в момент  $T$  (единица измерения – Эрланг) **трафика**

**Объем трафика** = Суммарное время занятия всех обслуживающих приборов (единица измерения – Эрланг\*часы=часозанятия)

# Моделирование трафика: основные параметры («модель») абонентской нагрузки

- ВНСА (Busy Hour Call Attempts) – попыток вызовов в ЧНН (час наибольшей нагрузки)
- средняя продолжительность разговора
- средняя нагрузка на одного абонента в ЧНН (обычно 8 – 15 мЭрл)
- распределение вызовов по направлениям связи...

Абонентская нагрузка должна измеряться и служить основой для планирования/проектирования сети

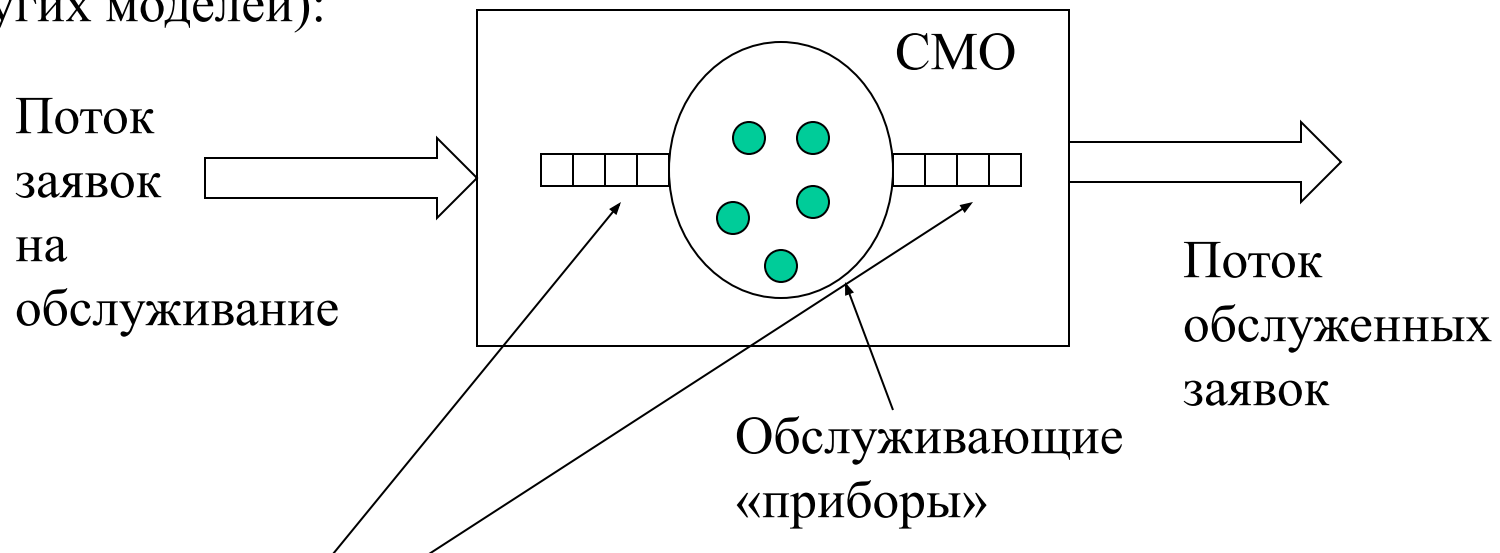
При отсутствии данных измерений (новая сеть) пользуются усредненными параметрами из Норм технологического проектирования

# Моделирование трафика в сетях

Вопросами моделирования трафика в сетях занимается

**Теория массового обслуживания** (область теории вероятностей и математической статистики)

Простейшая модель системы массового обслуживания (...и основа других моделей):



Очереди заявок (могут и отсутствовать, если **дисциплина обслуживания** их не предусматривает: «с потерями», а не «с ожиданием»)

# Моделирование потока событий (заявок)

Важнейшие **свойства случайного потока событий**:

1. Стационарность

=Независимость вероятности числа поступивших вызовов от начального момента

2. Ординарность

Невозможность («...вероятность стремится к нулю...») одновременного поступления двух вызовов

3. Отсутствие последействия

Стохастические свойства не зависят от истории процесса

**Простейший поток** – стационарный, ординарный, без последействия

Вероятность поступления точно  $k$  вызовов простейшего потока за отрезок времени  $t$  определяется формулой Пуассона:

$$p_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$

# Моделирование потока событий (заявок) (2)

## Доказательство

Вероятность поступления  $k$  заявок за время  $t + \tau$  :

$$p_k(t + \tau) = \sum_{i=0}^k p_k(t + \tau)_i = \sum_{i=0}^k p_{k-i}(t) p_i(\tau), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Из свойств простейшего потока:

$$p_k(t + \tau) = p_{k-1}(t) p_1(\tau) + p_k(t) p_0(\tau) + o(\tau), \quad k = 0, 1, \dots, \tau \rightarrow 0.$$

Учитывая  $p_1(\tau) = \lambda\tau + o(\tau)$ ;  $p_0(\tau) = 1 - \lambda\tau + o(\tau)$

имеем просто решаемую систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{d}{dt} p_k(t) = \lambda p_{k-1}(t) - \lambda p_k(t), \quad k = 0, 1, \dots$$

# Моделирование потока событий (заявок) (3)

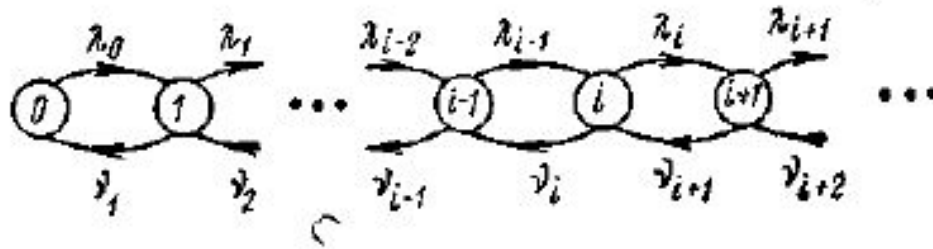
**Простейший поток** обладает рядом полезных свойств:

1. Сумма простейших потоков – опять простейший поток с  $\lambda = \sum_i \lambda_i$
2. Сумма достаточно большого числа стационарных и ординарных потоков с любым последствием – простейший поток
3.  $\lambda$  - интенсивность поступления заявок,  $1/\lambda$  - средний интервал времени между заявками
4. Простейший поток создает наихудшие условия обслуживания заявок (с точки зрения показателей качества), т.е. расчеты по качеству дадут «нижние границы»

# Моделирование потока событий (заявок) (4)

**Полнодоступный пучок (приборов обслуживания) с потерями:**

если предположить функцию распределения для времени обслуживания одного вызова  $1 - e^{-\nu t}$  (т.е. стационарность и отсутствие последствия для потока освобождений), то можно нарисовать диаграмму состояний пучка (такой процесс относят к классу Марковских)



и написать систему дифуравнений для вероятностей состояний («уравнения Колмогорова-Чепмена») по формулам полной вероятности.

# Моделирование потока событий (заявок) (5)

Разрешая систему уравнений (с учетом условия нормировки  $\sum p = 1$

получаем решение для стационарных вероятностей:

$$p_0 = \left[ \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\prod_{k=0}^{i-1} \lambda_k}{\prod_{k=1}^i \nu_k} \right]^{-1} ; p_i = \frac{\prod_{k=0}^{i-1} \lambda_k}{\prod_{k=1}^i \nu_k} p_0, i \geq 1.$$

Если количество приборов в пучке конечно ( $=N$ ), то вероятность  $P_N$  —  
вероятность потерь вызовов (блокировок) !



# Вероятность блокировки в сетях (пучках) с потерями

