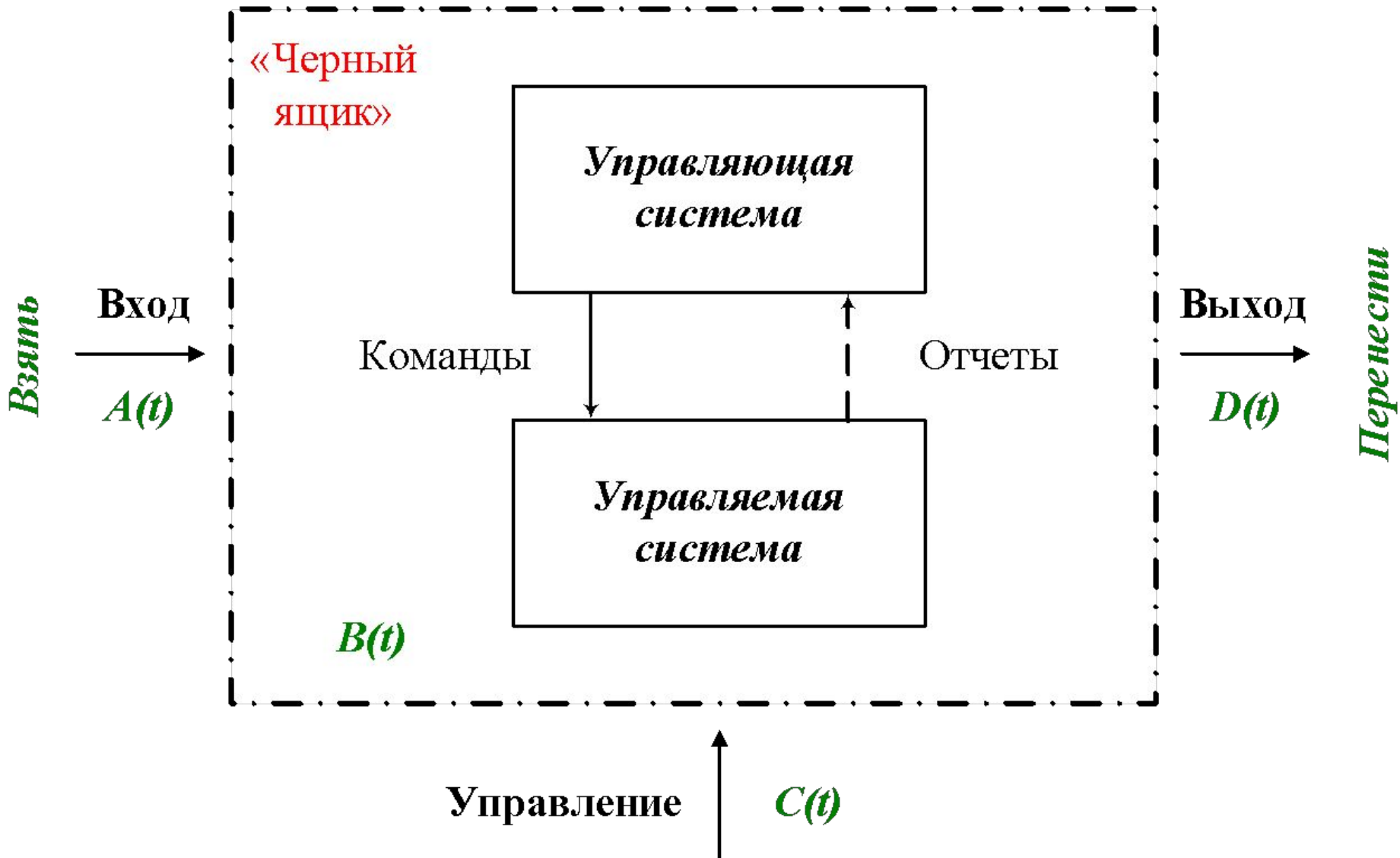


# **Теория Телетрафика в мультисервисных сетях**

## **Лекция №2 «Потоки Вызовов. Классификация моделей.»**

**доцент, к.т.н. Елагин В.С.**

# Большая и сложная система



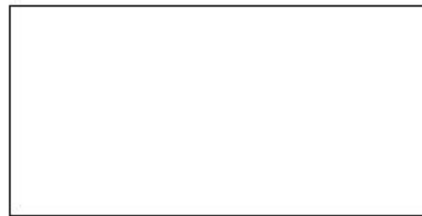
# Основные понятия

С точки зрения инфокоммуникационной системы (связь плюс информация) процесс обмена информацией может быть представлен следующей схемой. Объем передаваемых (принимаемых) данных может быть больше или меньше объема сообщения. Один из характерных примеров – сжатие изображений.

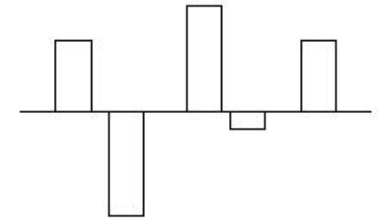
Информация



Сообщение



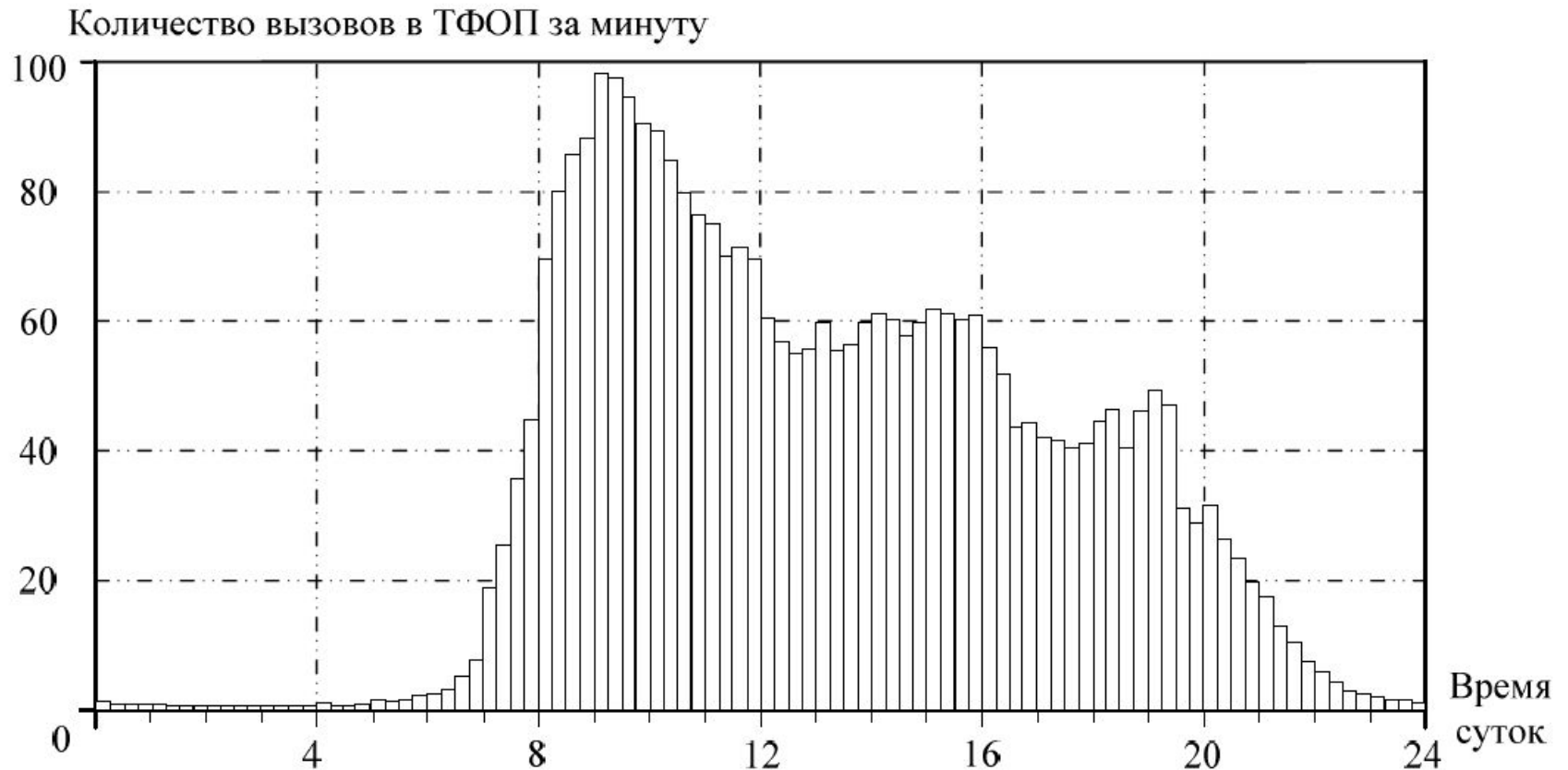
Поток данных



Информация, сообщения и поток данных

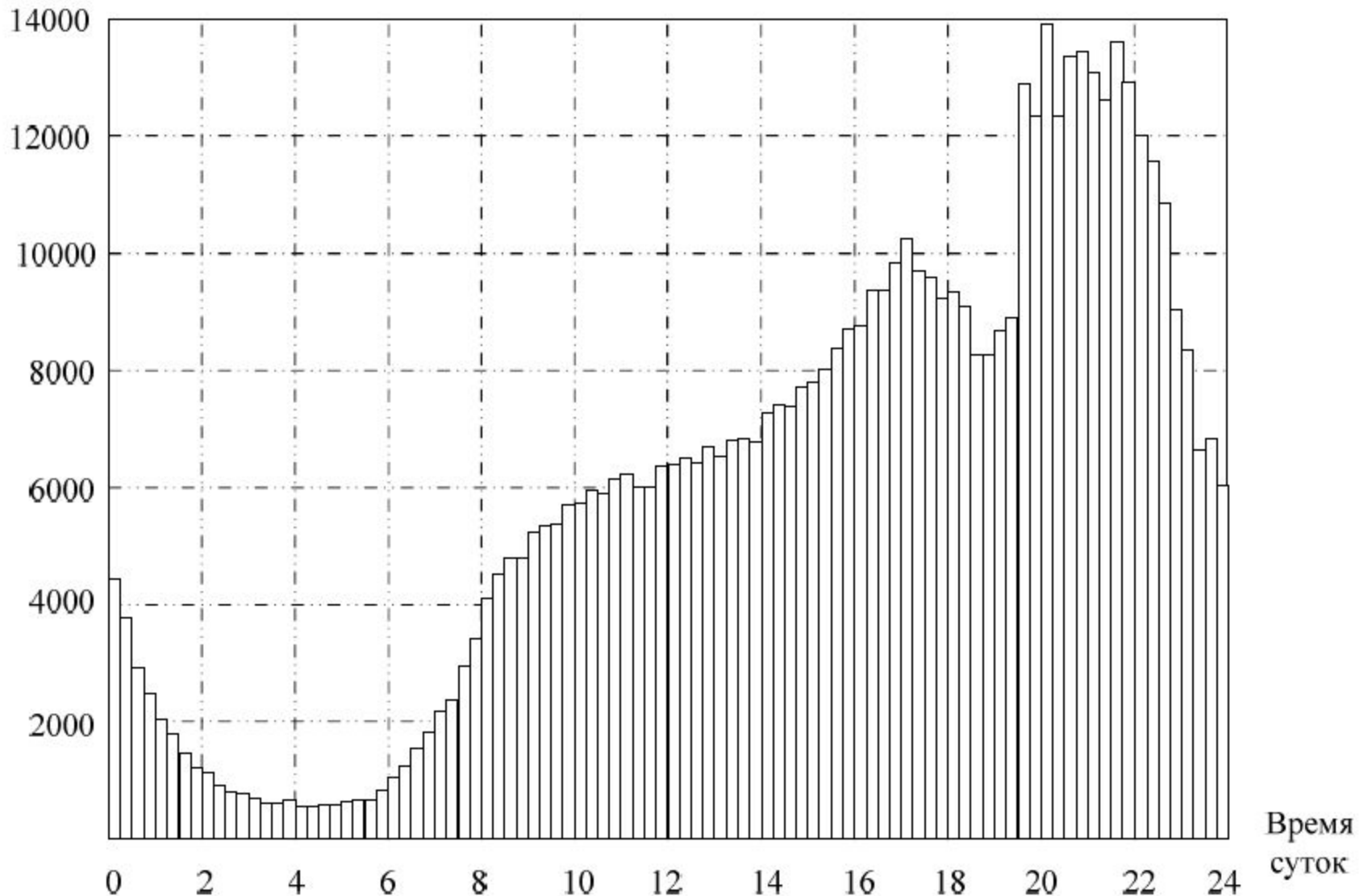
# Потоки заявок

Процесс поступления заявок обычно является случайным. Длительность обслуживания заявок в большинстве случаев также будет случайной величиной.



# Потоки заявок

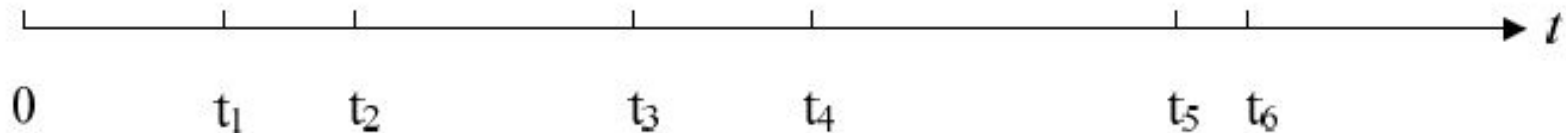
Количество вызовов в модемном пуле за 15 минут



# Потоки заявок

**Поток заявок** – последовательность поступления моментов вызовов.

**Поток заявок** – последовательность событий поступающих через детерминированные или случайные отрезки времени при непрерывном отсчете этого времени.



а) Представление потока вызовов на оси “Время”

# Потоки заявок

Промежутки между вызовами:  $Z_n = t_n - t_{n-1}$

**Момент времени** – число соответствующее промежутку времени от начала отсчета до рассматриваемой точки на оси времени.

# Способы задания потоков

1. При помощи наступления моментов вызовов:

$t_1 t_2 t_3 t_4 \dots t_i t_j \dots$

2. При помощи задания промежутков между  
вызовами

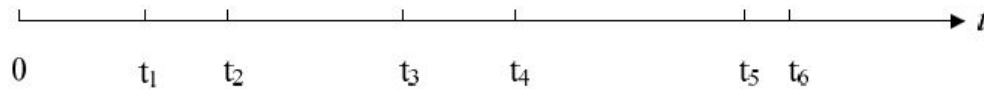
$z_1 z_2 z_3 z_4 \dots z_n$

3. При помощи чисел  $K_i$ :  $K$  – количество вызовов  
поступающих за промежуток  $[0; t_1]; [0; t_2]; [0; t_n]$

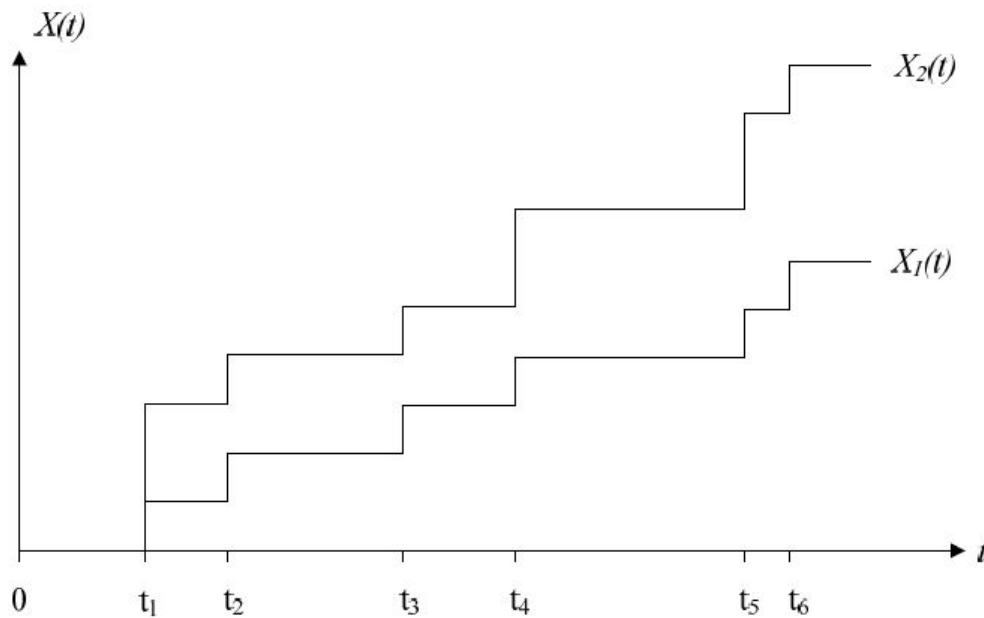
Все три способа задания потоков - эквивалентны



# Потоки заявок



а) Представление потока вызовов на оси “Время”



б) Представление потока вызовов ступенчатой функцией  $X(t)$

Ось абсцисс для некоторых приложений удобно определять как последовательность промежутков  $(z_1, z_2, \dots, z_n, \dots)$  между вызовами. Величина  $z_n$  представляет собой разность  $t_n - t_{n-1}$  для  $n \geq 1$ .

# Свойства потоков

## Стационарность.

Поток называется стационарным, если вероятность поступления вызовов случайного потока или число поступающих вызовов для детерминированного потока за любой промежуток времени зависит только от длины промежутка и не зависит от того, где на оси времени этот промежуток расположен.

# Стационарность

Важным атрибутом потока вызовов следует считать стационарность. Рассмотрим конечную совокупность непересекающихся интервалов времени. Если вероятность поступления  $k$  вызовов –  $\pi_k$  не меняется при сдвиге этой совокупности интервалов на любой отрезок времени, то поток стационарен. Допустим, что интересна вероятность  $\pi_k$  для отрезка  $[\alpha, \beta)$  –  $\pi_k(\alpha, \beta)$ . Для стационарного потока искомая вероятность зависит не от величин  $\alpha$  и  $\beta$ , а только от их разности.

# Свойства потоков

## Последствие.

Поток вызовов является потоком без последствия, если вероятность поступления вызовов для случайного потока или число поступивших вызовов для детерминированного потока за любой промежуток времени не зависит от количества , от времени поступления и окончания вызова, то есть не зависит от предыдущих событий.

Таким образом для потока без последствия прошлая история не играет никакой роли для прогнозирования его будущего.

# Последствие.

Важное свойство некоторых классов потоков вызовов – отсутствие последствия. Допустим, что мы рассматриваем поток вызовов после какого-то момента времени  $t_u$ . Если его характеристики не зависят от поведения потока для  $t < t_u$ , то можно говорить об отсутствии последствия. Для потока вызовов без последствия характерно следующее: для двух попарно не пересекающихся промежутков времени разности функций  $X(t)$  будут независимыми случайными величинами.

# Свойства потоков

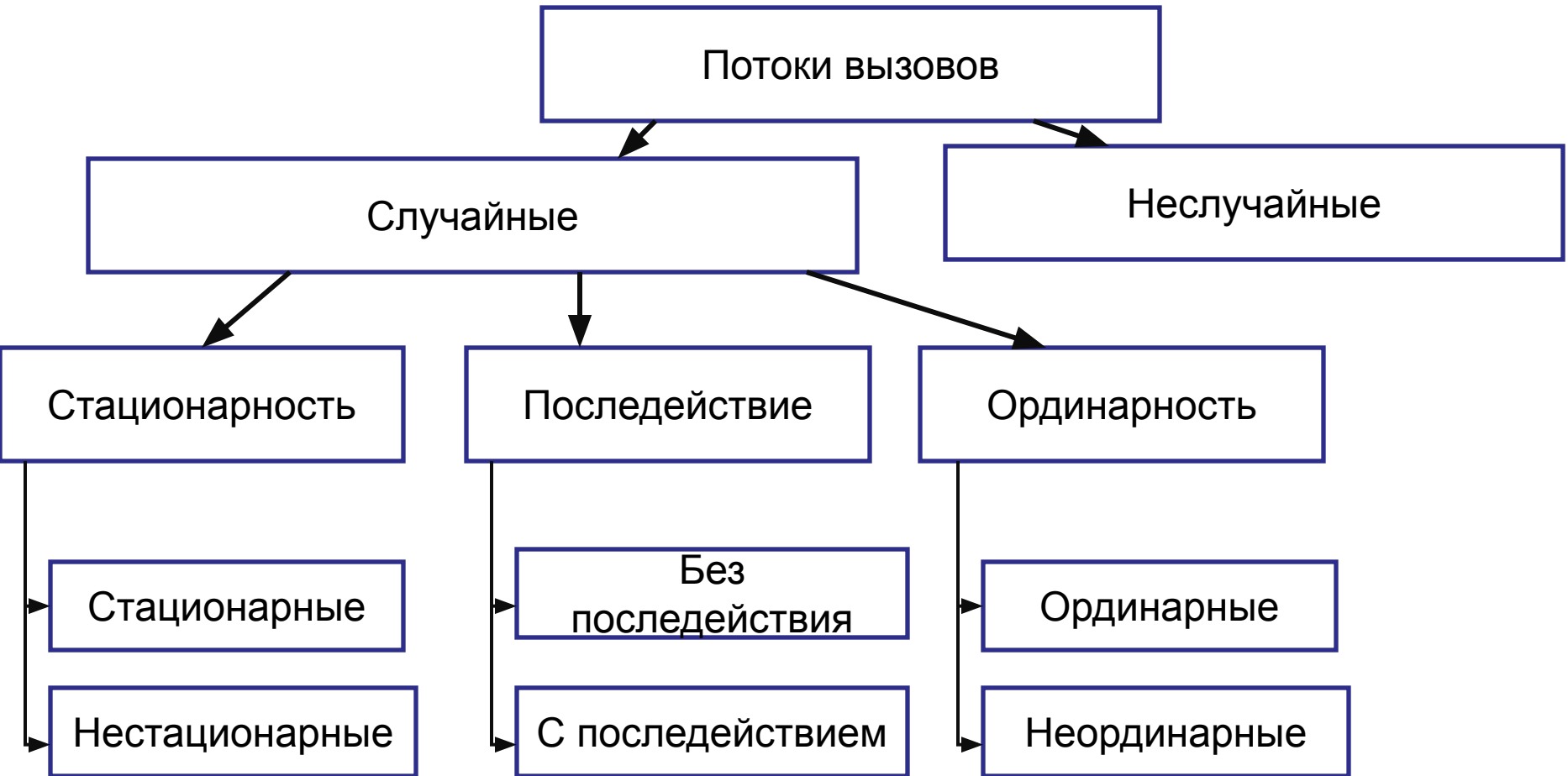
## Ординарность

Поток вызовов называется ординарным, если вероятность поступления 2 и более вызовов на бесконечно-малом отрезке времени  $\tau$  есть величина более высоко порядка, чем  $\tau$ .

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{P(t, t + \tau)}{\tau} = 0$$

Практически ординарность потока означает невозможность поступления 2 и более вызовов в любой момент времени.

# Свойства потоков



# Характеристики потоков

1. Ведущая функция потока -  $\Lambda[0;t)$
2. Интенсивность потока -  $\lambda$
3. Параметр потока –  $\Pi(t)$



# Ведущая функция потока

$\Lambda[0;t)$  – это математическое ожидание числа вызовов в интервале времени  $[0;t)$ .

$\Lambda[0;t)$  – не отрицательная, не убывающая и в практических задачах принимает конечное значение.

# Интенсивность потока

Мгновенная интенсивность потока -  $\lambda(t)$  - математическое ожидание числа вызовов, поступающих в единицу времени.

Нестационарный поток

$$\lambda(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\Lambda(t, t + \tau) - \Lambda(t, t)}{\tau}, \text{ если такой предел существует}$$

Стационарный поток

$\lambda$  – конечное значение математическое ожидание числа вызовов, поступающих в единицу времени.

Размерность:  $1/t$

$\Lambda[0;t) = \lambda * t$ , из-за свойства аддитивности

# Параметр потока

Параметр случайного потока вызовов -  $\Pi(t)$  – в момент времени  $t$  - это предел отношения вероятности поступления одного и более вызовов на отрезке времени  $[t; t+\tau]$ .

$$\Pi(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{P_1(t, t + \tau)}{\tau} \text{ или}$$

$$P_1(t, t + \tau) = \Pi(t) \cdot \tau + O(\tau), \tau \rightarrow 0$$

Параметр случайного потока вызовов определяет в момент времени – плотность вероятности наступления вызывающего момента.

Практически параметр случайного потока вызовов характеризует частоту наступления вызывающих моментов.

# Параметр потока

## Стационарный поток

$$\Pi(t, t + \tau) = \Pi(\tau) = \Pi \cdot \tau + O(\tau), \tau \rightarrow 0$$

В отличие от ведущей функции потока параметр потока характеризует не поток вызовов, а поток вызывающих моментов.

Кроме того поток вызовов относится не ко всему отрезку времени, а только к фиксированному моменту времени.

Нестационарный поток	$\Lambda[0;t)$	$\lambda(t)$	$\Pi(t)$
Стационарный поток	$\Lambda \cdot t$	$\lambda$	$\Pi$

# Простейший поток

Простейший поток – это стационарный, ординарный поток без последдействия

Описать поток удобно через функцию вероятности поступления  $K$  вызовов  $P_K(t)$ -?

$$P_K(t) = \frac{\lambda t^K}{k!} e^{-\lambda t} \quad \text{Распределение Пуассона}$$

Функция распределения промежутков времени между вызовами

$$A(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad \text{Экспоненциальное распределение}$$

# Простейший поток

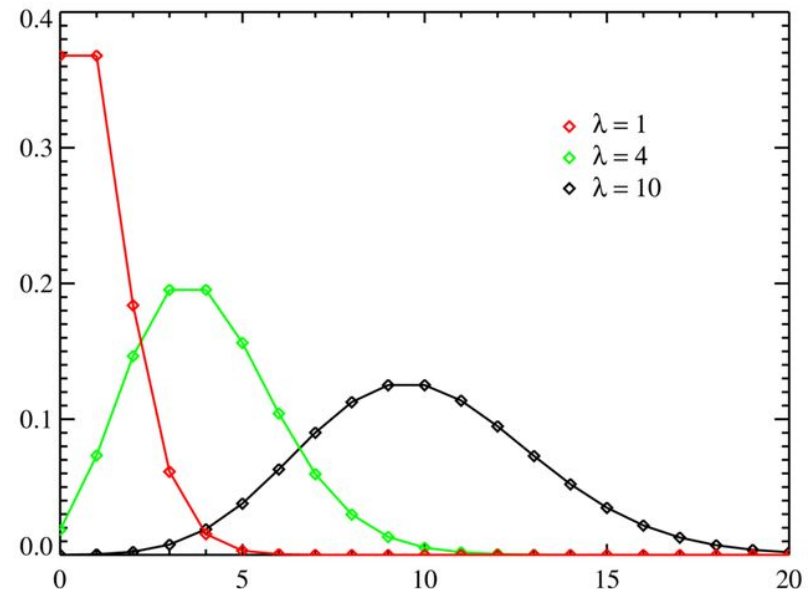
Среднее число заявок, поступающих за время  $t$

$$\bar{k} = \lambda \cdot t$$

Замечательным свойством обладает объединение независимых простейших потоков вызовов с интенсивностями  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$  так далее.

Результатом операции объединения является также простейший поток с интенсивностью  $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n$ .

$$\Pi = \lambda$$



# Алгоритмы обслуживания заявок

Алгоритмы обслуживания заявок в системах телетрафика

с явными потерями

с условными потерями

с комбинированными  
потерями

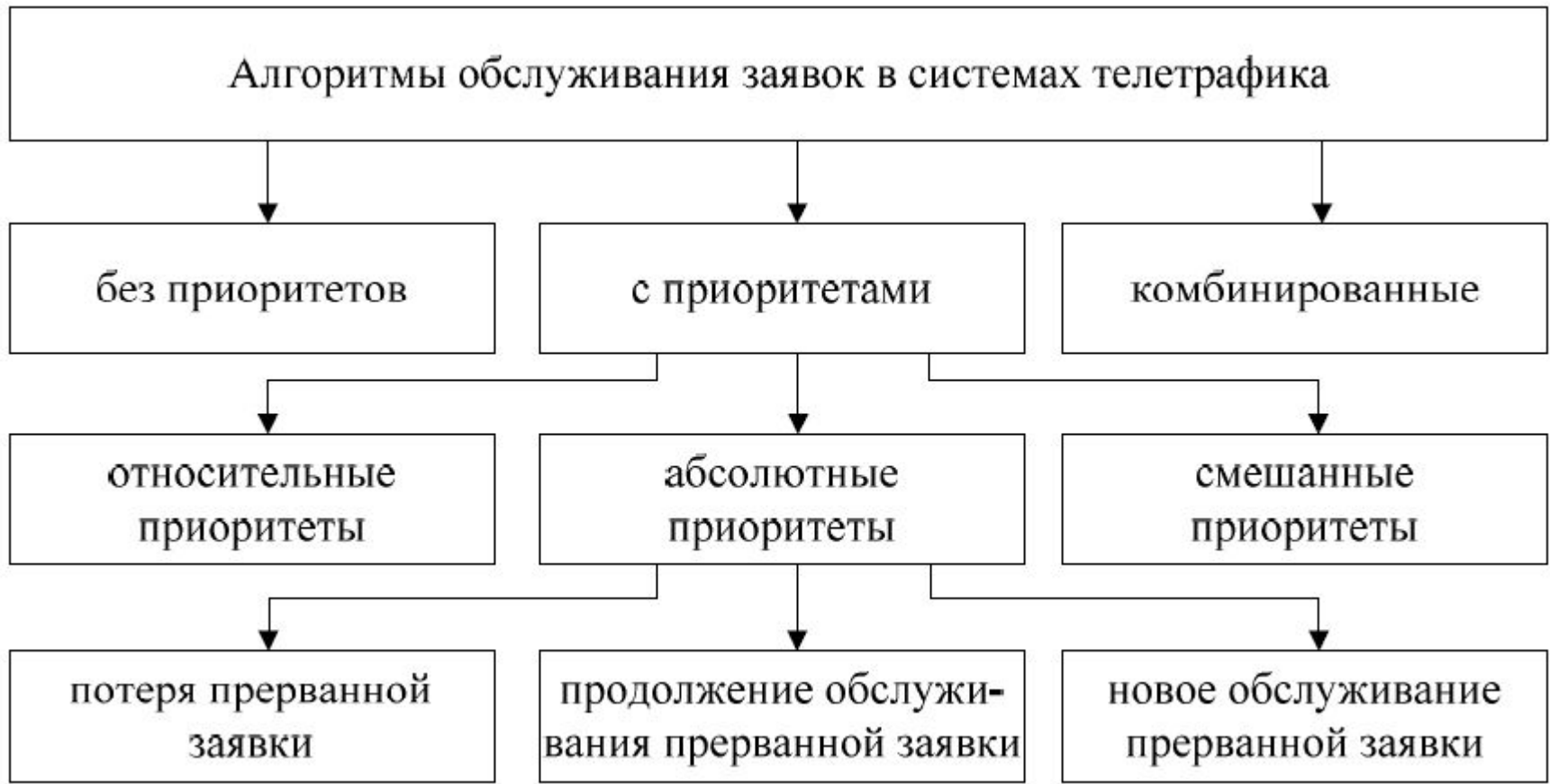
с ограничением  
времени ожидания

с ограничением  
мест для ожидания

с ограничением времени  
и мест для ожидания

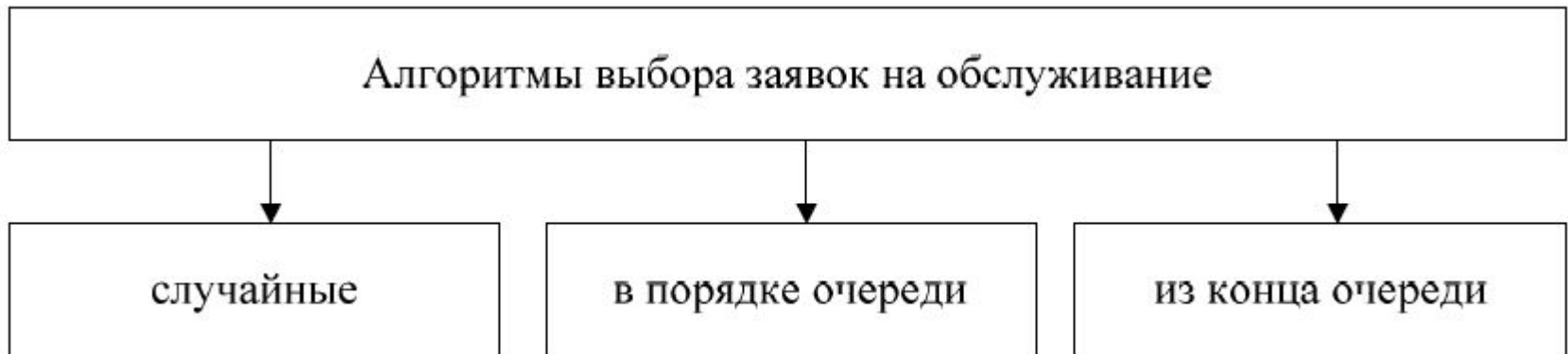
# Алгоритмы обслуживания заявок

## заявок





# Алгоритмы обслуживания заявок

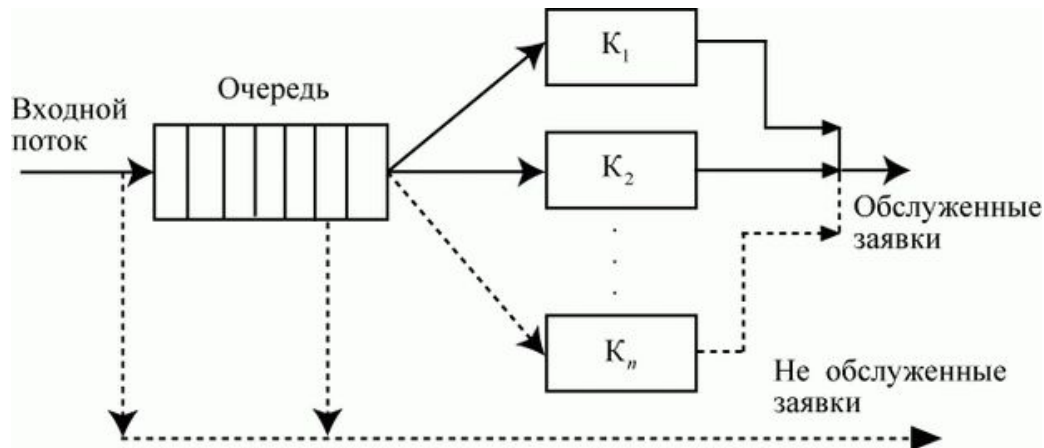


# Классификация СМО



Пример классификации СМО

# Классификация СМО



Классификация Кендалла - Башарина

$$A(x) | B(x) | v | K | N$$

$A(x)$  – закон распределения входящего потока

$B(x)$  – закон распределения обслуживания заявок

$v$  – число обслуживающих ресурсов

$K$  – суммарное число мест обслуживания в системе (очередь + обслуживающие ресурсы)

$N$  – число источников нагрузки

# Типы трафика в мультисервисных сетях

	<b>Одноадресный режим «точка – точка»</b>	<b>Многоадресный режим «точка – много точек»</b>
<b>Потоковый трафик</b>	Видео по запросу, IP-телефония, голосовая почта, онлайн прослушивание аудио-файлов, индивидуальные и групповые игры, обмен информацией бизнес-приложений с хранилищем данных.	Вещательное телевидение IPTV, вещательное телевидение высокого качества HDTV (High-Definition Television), телевидение с оплатой за просмотр PPV (Pay Per View), видеоконференции, широковещательное и потоковое радио, групповые игры с предоплатой лимита времени, e-learning.
<b>Эластичный трафик</b>	Поиск каналов IPTV, предварительная загрузка аудио-файлов для MP3-плееров, факс-приложения, оповещения службы мониторинга, передача гипертекста в формате HTML, обмен сообщениями SMS.	Приложения электронной коммерции, удаленное управление и мониторинг в домашней сети, обмен мгновенными сообщениями, рассылка электронной почты.

# Использованные источники

- Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. – М.: Книжный дом "Либриком", 2011.
- Маликов Р.Ф. Основы математического моделирования. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010.
- Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
- Городецкий А.Е., Дубаренко В.В., Тарасова И.Л., Шереверов А.В. Программные средства интеллектуальных систем. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000.
- Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ. – М.: КНОРУС, 2010.
- Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. – М.: Наука, 1976.
- Энциклопедии и словари.
- Ресурсы Internet.

**Вопросы?**