



# Лекция 5


---

## Нагрузка и качество обслуживания в сетях связи



# Вопросы лекции 5

---

- 
1. Нагрузка телекоммуникационных сетей
  2. Модели обслуживания заявок
  3. Показатели качества обслуживания



# Нагрузка телекоммуникационных сетей

Для расчета систем распределения информации важно иметь показатель объема передаваемой (обслуживаемой) информации.

Этот объем наиболее удобно оценивать временем передачи (обслуживания) информации

*Суммарное время (длительность) занятия всех обслуживающих приборов за определенный период времени  $T$  называется нагрузкой на эти приборы*

Рассчитать величину нагрузки  $A(T)$  за период времени  $T$  можно по формуле

$$A(T) = \sum_{i=1}^{C(T)} t_i$$

где

- $C(T)$  – количество обслуженных заявок
- $t_i$  – время обслуживания  $i$ -ой заявки

# Нагрузка телекоммуникационных сетей

Нагрузку  $A(T)$  можно рассчитать через интенсивность обслуживания  $\mu$  в виде

$$A(T) = C(T) \bar{\tau} = \frac{C(T)}{\mu}$$

На практике нагрузку оценивают за 1 час, т.е. используется показатель интенсивность нагрузки

$$A ( T=1\text{час} ) = A/1=A$$

*Интенсивность нагрузки – суммарное время занятия обслуживающих приборов в течении одного часа*

*Единица измерения интенсивности нагрузки – Эрланг*

$$1\text{Эрланг} = \frac{1\text{часо} - \text{занятие}}{1\text{час}} = 1 \left[ \frac{\text{чз}}{\text{ч}} \right]$$

Эрланг – единица измерения относительных значений так же как и % 😊



# Нагрузка телекоммуникационных сетей

Виды нагрузок

- Поступающая
- Исполненная ( обслуженная)
- Потерянная

**Поступающая нагрузка** – условная нагрузка  $Z$ , которая могла бы быть обслужена в системе, если бы в ней каждому поступающему вызову предоставлялся свободный обслуживающий прибор

$$Z = C_{\text{пост}} \tau$$

где  $C_{\text{пост}}$  – интенсивность поступающего потока вызовов

**Исполненная ( обслуженная ) нагрузка**  $Y$  представляет собой суммарное время действительного занятия приборов при обслуживании всех поступающих вызовов (заявок)

$$Y = C_{\text{обсл}} \tau$$

где  $C_{\text{обсл}}$  – интенсивность потока обслуженных вызовов



# Нагрузка телекоммуникационных сетей

**Потерянная нагрузка** – условная нагрузка  $R$ , которую мог бы создать в системе обслуживания поток вызовов, получивших отказ в обслуживании

$$R = C_{\text{пот}} \tau$$

где

$C_{\text{пот}}$  – интенсивность потока вызовов, получивших отказ в обслуживании,

$\tau$  – предполагаемое время обслуживания вызовов, если бы они были приняты к обслуживанию.

Очевидно, следующие соотношения между видами нагрузки

$$Z = Y + R$$

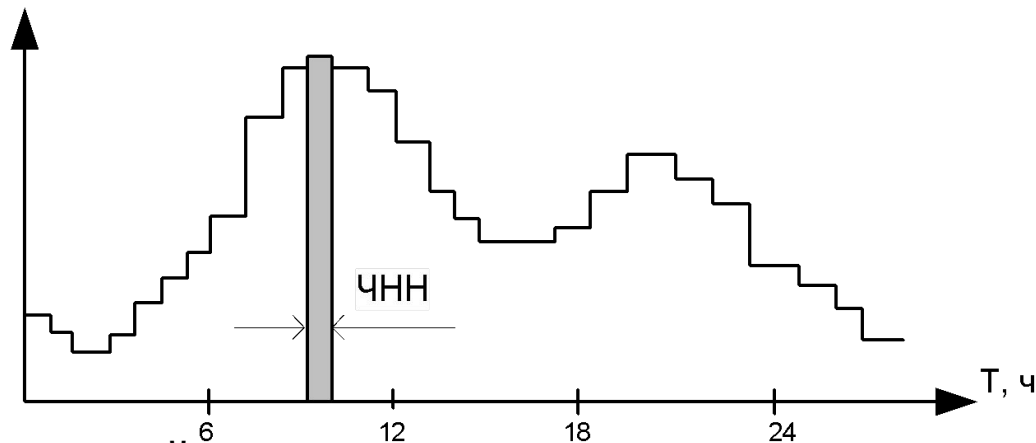
$$Y = Z - R$$

$$R = Z - Y$$

# Нагрузка телекоммуникационных сетей

А, Эрл

Распределение нагрузки за сутки



Анализ изменений нагрузки показывает, что нагрузка на обслуживаемые системы имеет зависимость от времени суток (это очевидно, т.к. конечными источниками заявок в основном являются люди 😊)

Период суток, равный 1 час (60 мин), в течении которого величина нагрузки имеет наибольшее значение, называется **Часом Наибольшей Нагрузки (ЧНН)**.

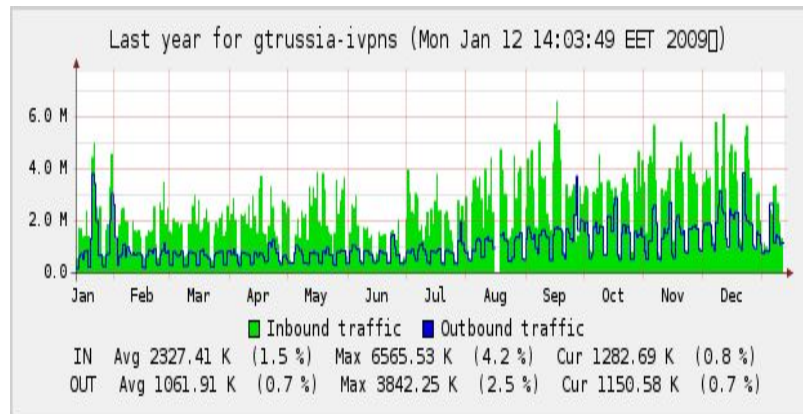
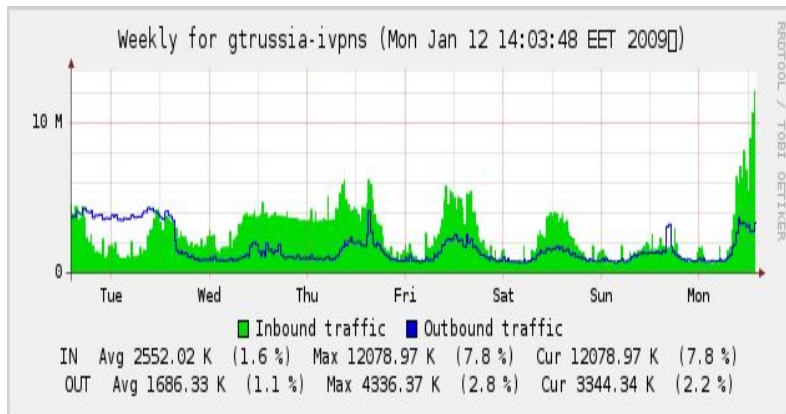
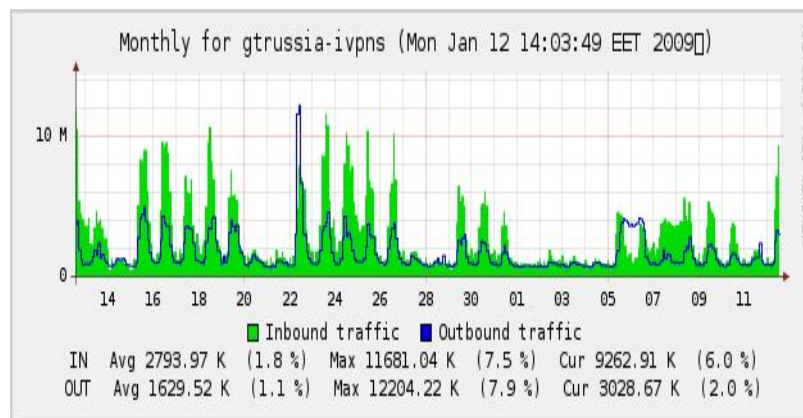
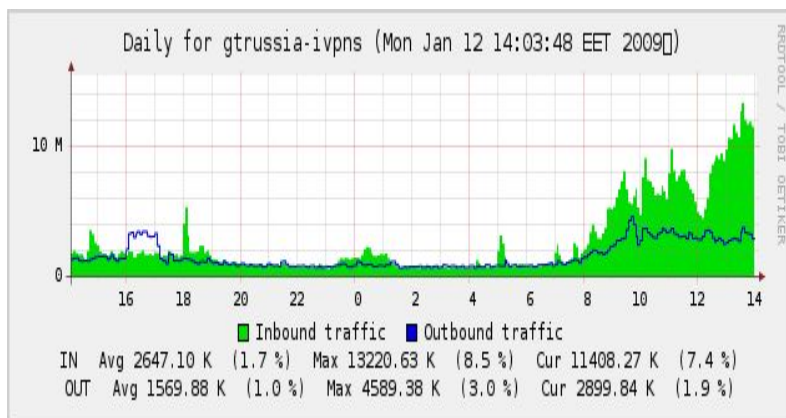
**1 Эрл** – это занятие обслуживаемой системы в течении 1 часа за 1 час

Все параметры коммутационных систем, число каналов, производительности обслуживаемых систем делаются из расчета для ЧНН

# Нагрузка телекоммуникационных сетей

Нагрузка как временная характеристика сильно отражает временную активность абонентов за период: день, неделя, месяц, год

Пример Интернет нагрузки на международном направлении





# Нагрузка телекоммуникационных сетей

Неравномерность колебаний нагрузки во времени обуславливает необходимость оценки изменения интенсивности нагрузки.

С целью определения оптимального количества обслуживающих приборов расчетные значения интенсивности поступающей нагрузки определяют по эмпирическим формулам

$$\bar{Z} = \max_{i \in m} \bar{Z}_i = \sum_{j=1}^n \frac{Z_{i \max j}}{n}$$

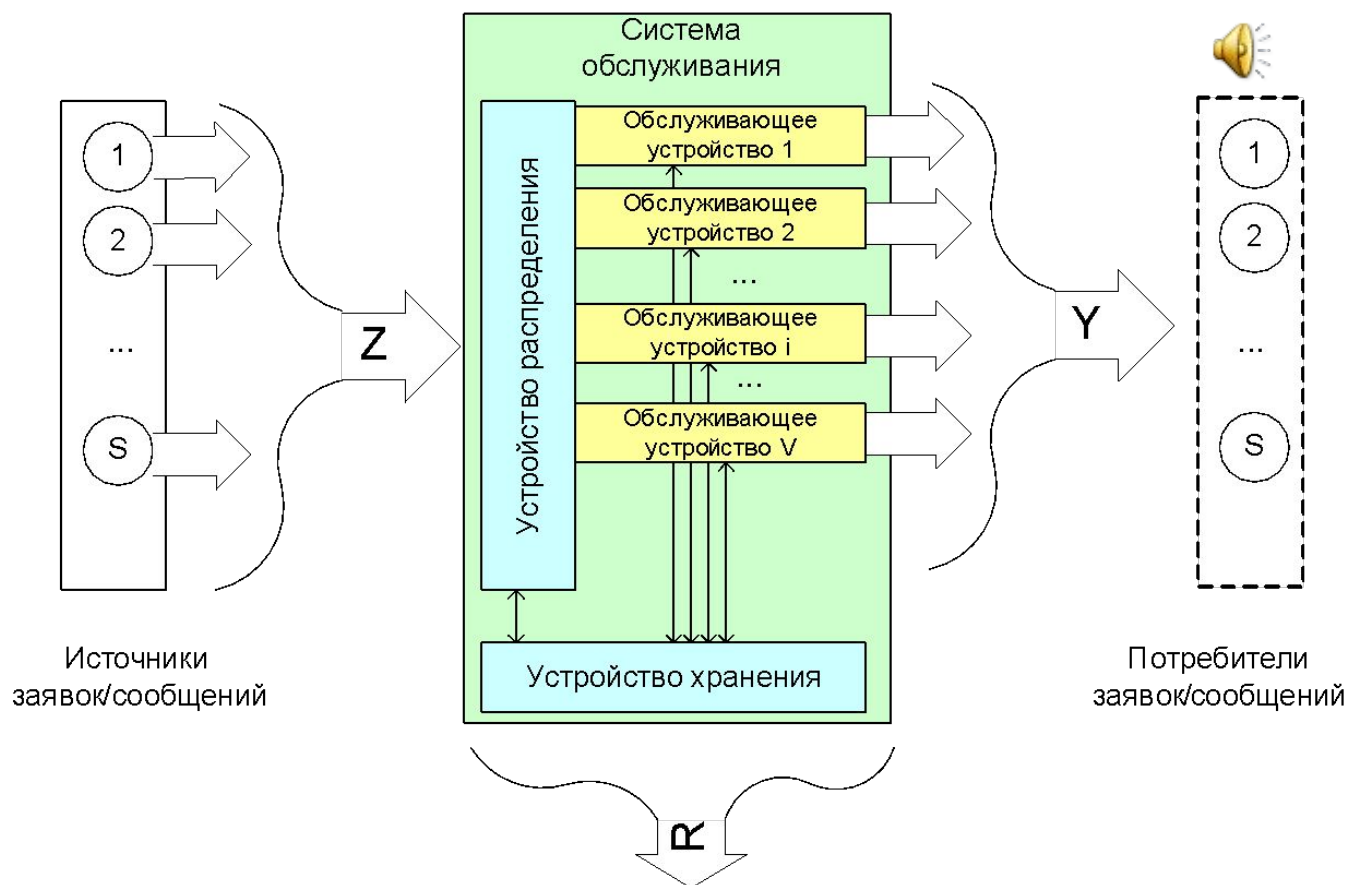
$$Z_{расч} = 1,06 \bar{Z}_{чнн} + 0,27 \sqrt{\bar{Z}_{чнн}}$$

# Модели обслуживания заявок



Математические модели описывают процессы поступления и обслуживания заявок в телекоммуникационной системе

Структурная схема модели обслуживания заявок





# Модели обслуживания заявок

## Параметры модели

- число абонентов -  $S$
- число направлений связи –  $I$
- число обслуживающих приборов –  $V$

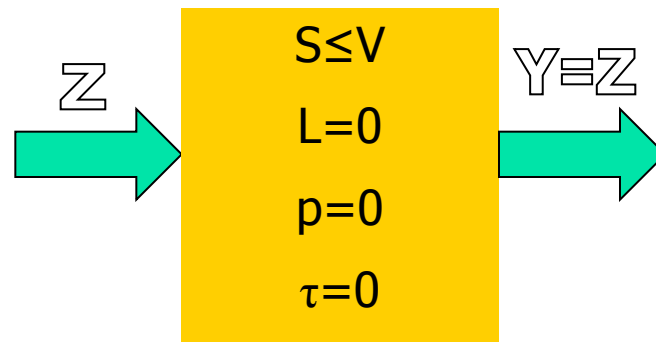
$$V = \sum_{i=1}^I v_i$$

- число мест для ожидания обслуживания –  $L$
- допустимая вероятность отказа в обслуживании из-за занятости системы обслуживания
- максимальное время обслуживания заявки -  $t_{\max}$

# Модели обслуживания заявок

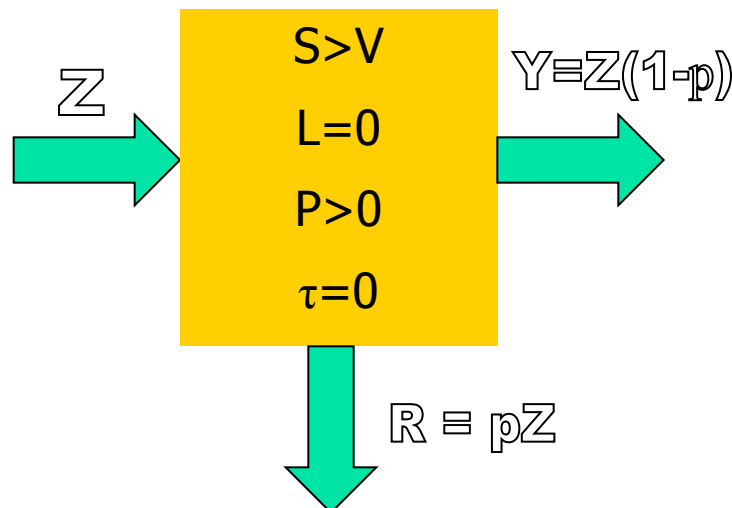
## Основные способы обслуживания заявок

- без ожидания и без потерь



Пример.  
Системы  
специального  
предназначения

- без ожидания и с потерями

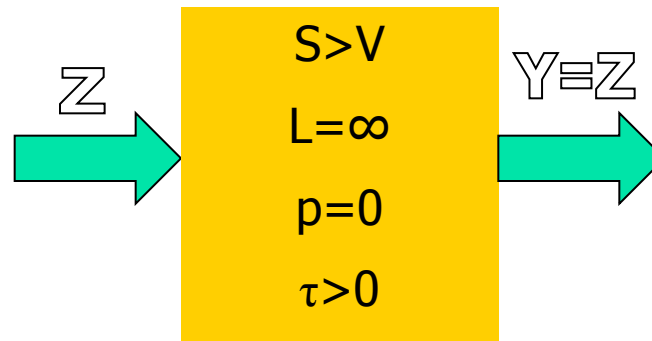


Пример.  
Телефонные  
станции

# Модели обслуживания заявок

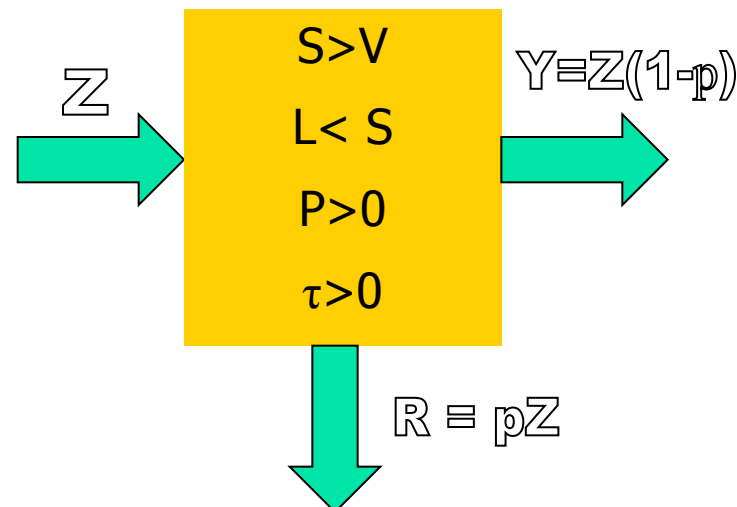
## Основные способы обслуживания заявок

- с ожиданием и без ограничения длины очереди



Системы передачи сообщений с практически неограниченным ресурсом памяти (Дисковые накопители)

- с ожиданием и с ограничением длины очереди ( времени нахождения в очереди)

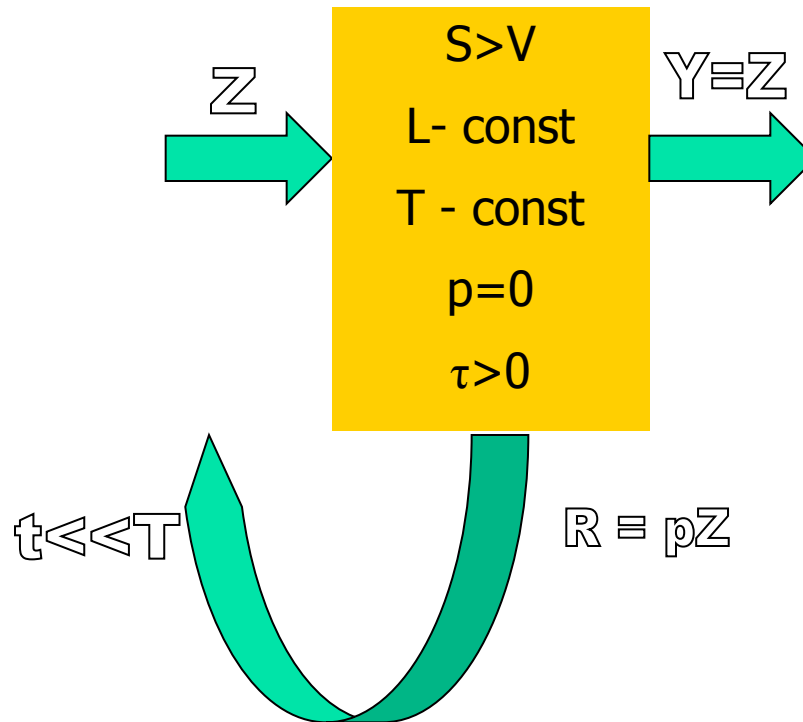


Системы передачи пакетов (речевые пакеты имеет ограничение на время доставки), маршрутизаторы с ограниченным размером памяти

# Модели обслуживания заявок

## Основные способы обслуживания заявок

- с формализованным ожиданием ( с повторными вызовами)



Математическое описание процессов поступления и обслуживания заявок в системах обслуживания дает теория массового обслуживания



# Показатели качества обслуживания

---

В системах обслуживания заявок с потерями основным показателем качества обслуживания является **вероятность отказа в обслуживании  $p$**  из-за занятости обслуживающих каналов ( приборов).

**Вероятность потери  $p$**  вызовов применяется для оценки качества обслуживания в телефонных коммутационных системах.

Различают три вида потерь

- по вызовам -  $p_c$
- по нагрузке -  $p_R$
- по времени –  $p_t$

# Показатели качества обслуживания

**Потери по вызовам** – отношение интенсивности потока потерянных вызовов  $C_{\text{п}}$  к интенсивности поступающего потока  $C$

пост

$$p_c = \frac{C_{\text{п}}}{C_{\text{пост}}}$$

**Потери по нагрузке** определяются через величины интенсивностей потерянной  $R$  и поступающей  $Z$  нагрузок

$$p_R = \frac{R}{Z} = \frac{Z - Y}{Z} \quad Y = Z(1 - p_R)$$

**Потери по времени** оцениваются долей времени полного занятия  $t_3$  всех обслуживаемых приборов

$$p_t = \frac{t_3}{T}$$

При поступлении в систему обслуживания простейшего потока  $p_c = p_R = p_t$





# Показатели качества обслуживания

---

В системе обслуживания заявок с ожиданием основными показателями качества обслуживания являются

- Вероятность своевременного обслуживания

$$q = P ( t \leq \tau ),$$

где  $P ( t \leq \tau )$  – вероятность того, что время обслуживания заявки  $t$  не превысит допустимого значения  $\tau$

- Вероятность потери или несвоевременного обслуживания

$$1 - q = P ( t > \tau ),$$

- Вероятность потери заявки из-за занятости обслуживающих приборов и мест ожидания в очереди

$$P ( t > \tau, L > \delta ),$$


$\tau$  – допустимое время обслуживания ( либо нахождения в очереди ),

$\delta$  – доступное количество мест ожидания в очереди



# Литература

---

- 
- Романов А. И. Телекоммуникационные сети и управление: Учебное пособие –К. ИПЦ « Киевский университет», 2003, -247с.
  - Корнышев Ю.Н., Фань Г.Л. Теория распределения информации – М.: Радио и связь, 1985
  - Сети ЭВМ. Под редакцией В.М. Глушкова – М.: Связь, 1977
  - Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем – М. : Наука, 1978
  - Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания – М.: Наука, 1966
  - Клейнрок Л. Коммутационные сети – М.: Наука, 1970
  - Шварц М. Сети ЭВМ. Анализ и проектирование - М.: Радио и связь, 1981
  - Советов Б.Я. и др. Построение сетей интегрального обслуживания – Л.: Машиностроение, Лен отд-е, 1990
  - Клейнрок Л. Вычислительные сети с очередями – М.: Мир, 1979
  - Хилс М.Т. Принципы коммутации в электросвязи - М.: Радио и связь, 1984
  - Френк Г. , Фриш И. Сети, связь и потоки – М.: Связь, 1978



---

**Спасибо за внимание!**