

# Планирование мощности транспортного уровня подсетей Интернет

Ю. А. Богоявленский  
О. Ю. Богоявленская

*Петрозаводский государственный университет*



**Ключевые слова:** планирование, транспортный уровень, модель производительности

# Актуальность проблемы:

- Задачи распределенного управления трафиком одна из важнейших в сетях передачи данных.
- Диверсификация приложений: видео и аудио трафик, виртуальные организации и пр.
- Диверсификация носителей сигнала (радиосвязь, спутниковые каналы, оптоволокно и пр.)
- Продолжающийся экспоненциальный рост пользователей Интернет

# Задача планирования мощности

- Наиболее распространенная практика администрирования
- Цикл «тремор производительности»  
Насыщение системы -> Модификация  
-> Недогруженная система ->  
Насыщение

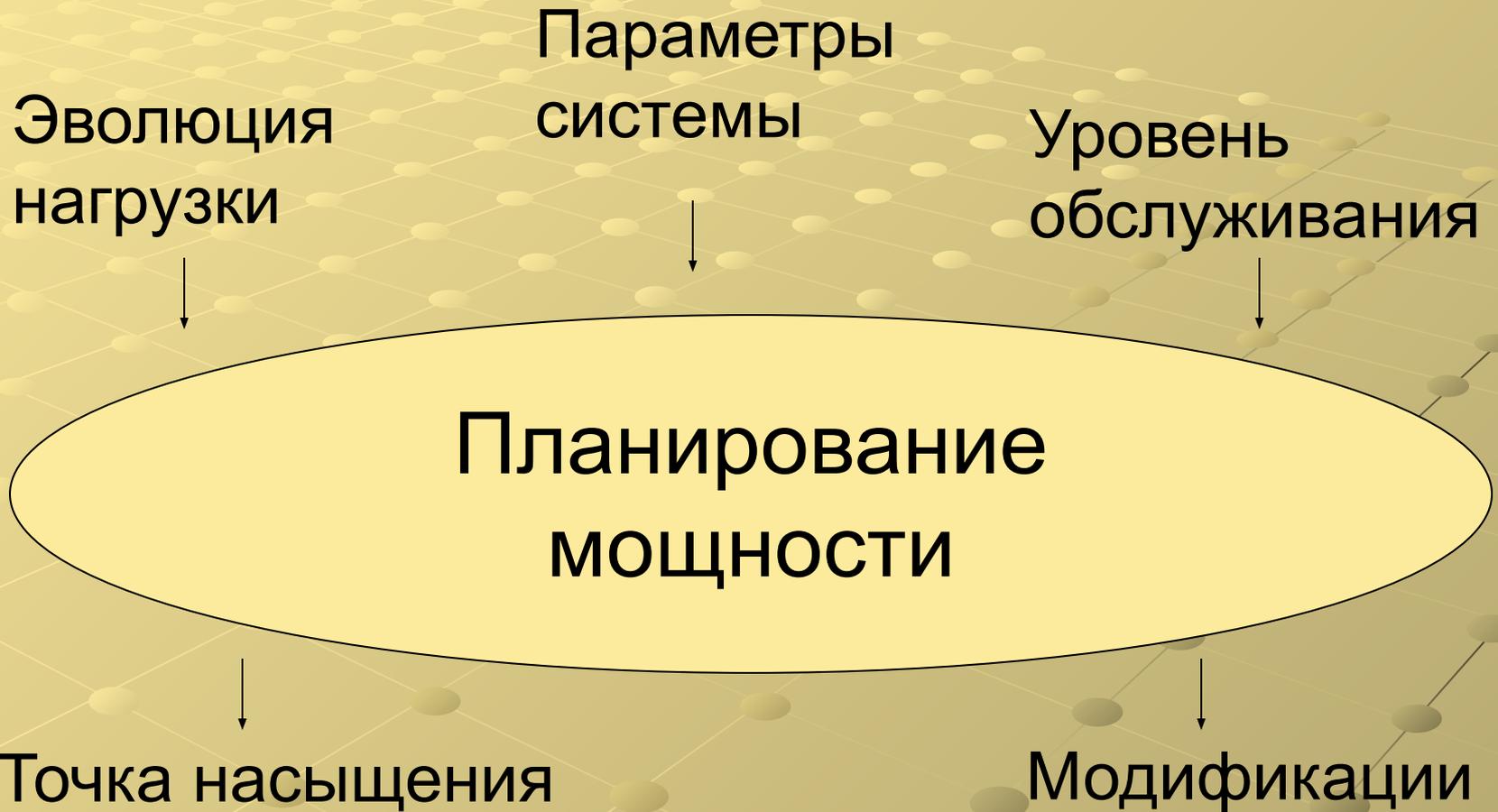
# Задача планирования мощности

- Основные недостатки «традиционного администрирования»:
- незапланированные и необоснованные затраты
- неисполнение обязательств перед клиентами
- невозможность предоставления клиентам гарантий качества услуг

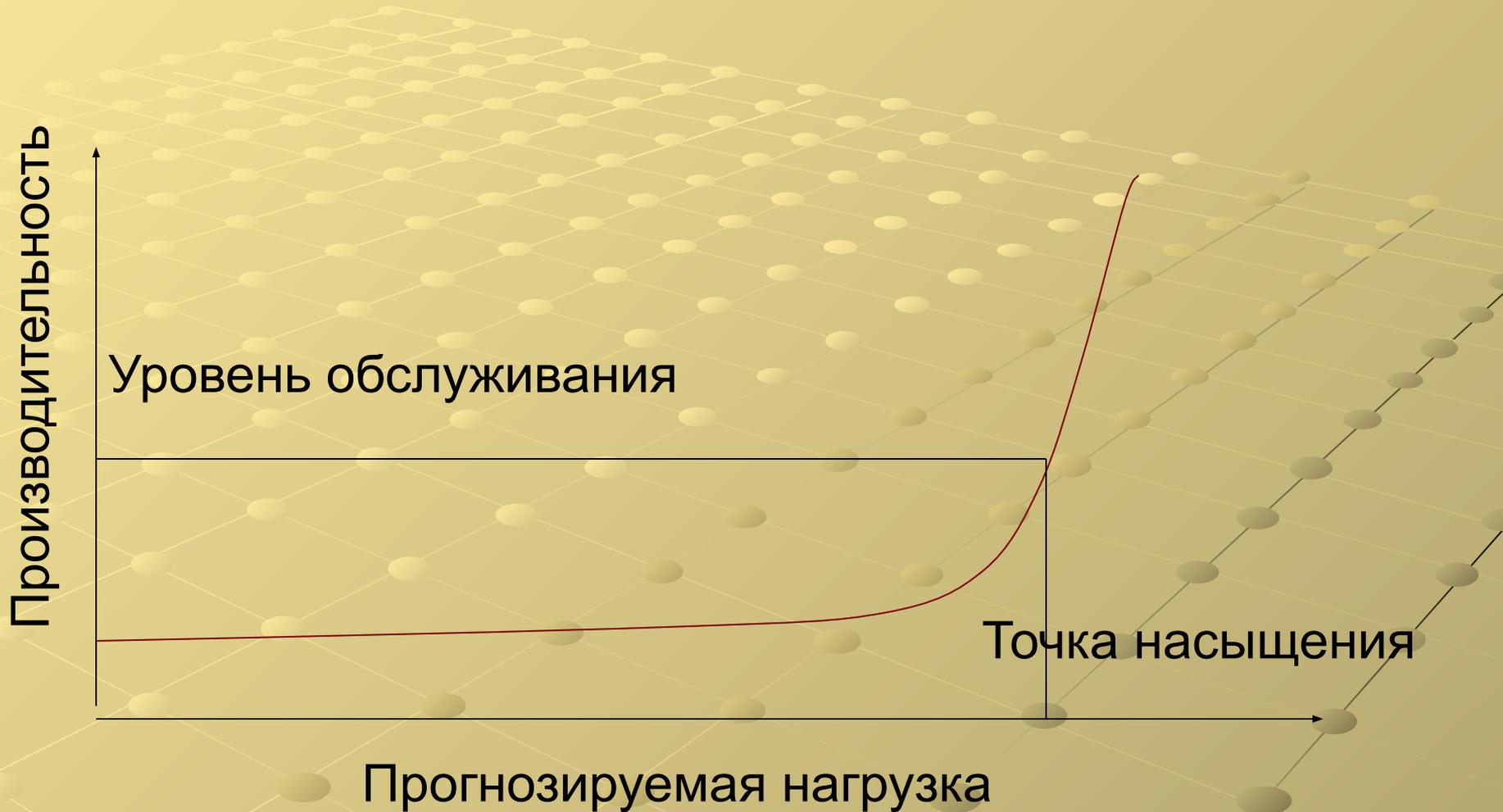
# Задача планирования мощности

- Планирование мощности как альтернативная парадигма управления
- Планирование на основе обоснованного прогноза нагрузки и производительности
- Результат планирования – определение наилучших момента и способа модификации

# Задача планирования мощности



# Задача планирования мощности



# Планирование на транспортном уровне

- Администратор явно определяет свойства нижних уровней сети
- Транспортный протокол адаптируется к сетевым условиям
- Модель производительности транспортного протокола связывает характеристики разных уровней.

# Производительность ТСР

## Основные предположения

- В каждом раунде потери сегментов ТСР происходят независимо с вероятностью  $p$ .
- Рост размера скользящего окна ограничен известной конечной величиной  $W_{\max}$ .
- Пропускная способность, которую может развить соединение ограничена сверху –  $L$ .
- Рассматривается только алгоритм ЛРСУ.
- Двойная длина пути (ДДП - RTT) является случайной величиной, которая может зависеть от размера скользящего окна. Ее функция распределения известна.

# Производительность ТСР

## Основные результаты

- Построена математическая модель алгоритма AIMD
- В явной аналитической форме получено распределение характеристики пропускной способности алгоритма.
- Построен точный численный алгоритм линейной сложности для расчета распределения скользящего окна AIMD.

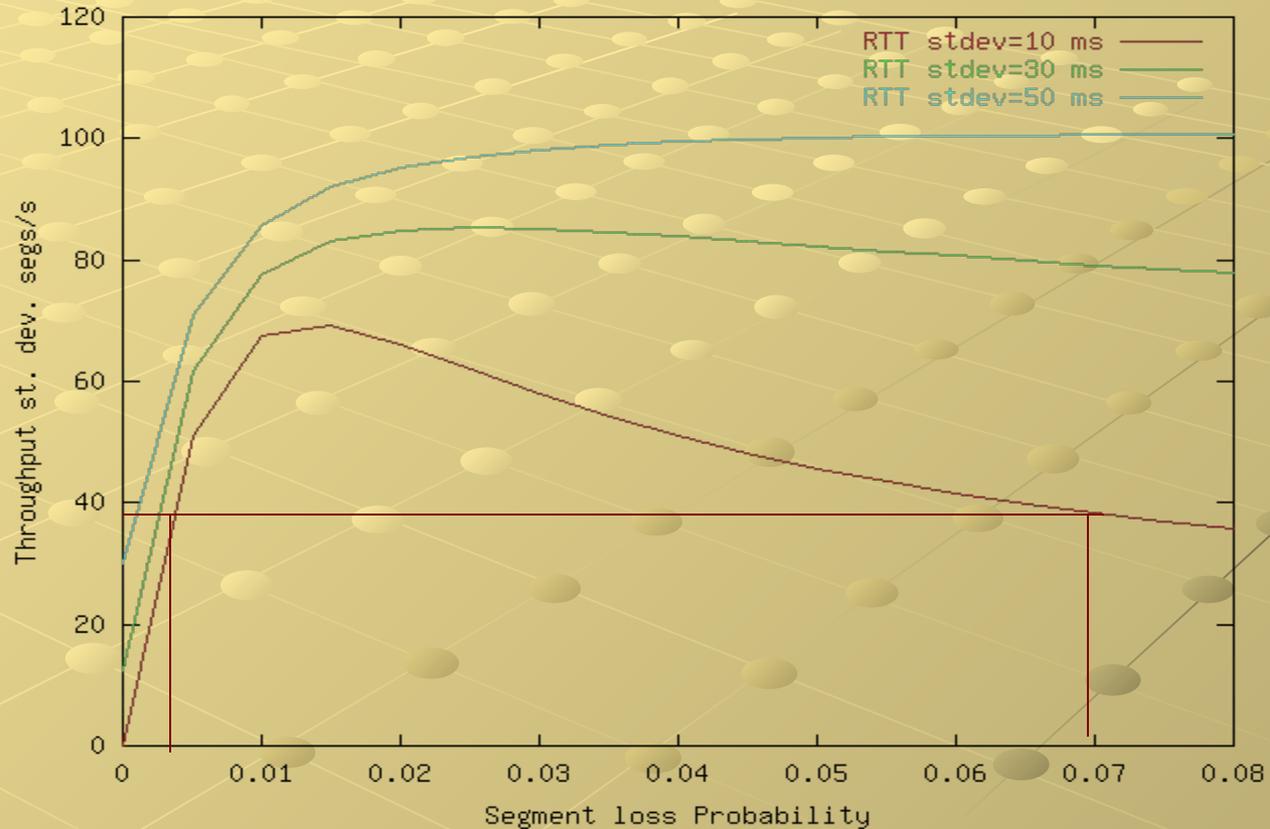
# Планирование на транспортном уровне

- **Управляемые параметры:** вероятность потери сегмента, максимальная интенсивность потока ( $r_{win}$ , ширина полосы).
- **Наблюдаемые параметры:** характеристики ДДП (RTT)
- **Уровни обслуживания:** характеристики пропускной способности TSP, т. е. математическое ожидание, дисперсия, квантили, границы и пр.

# Планирование на транспортном уровне

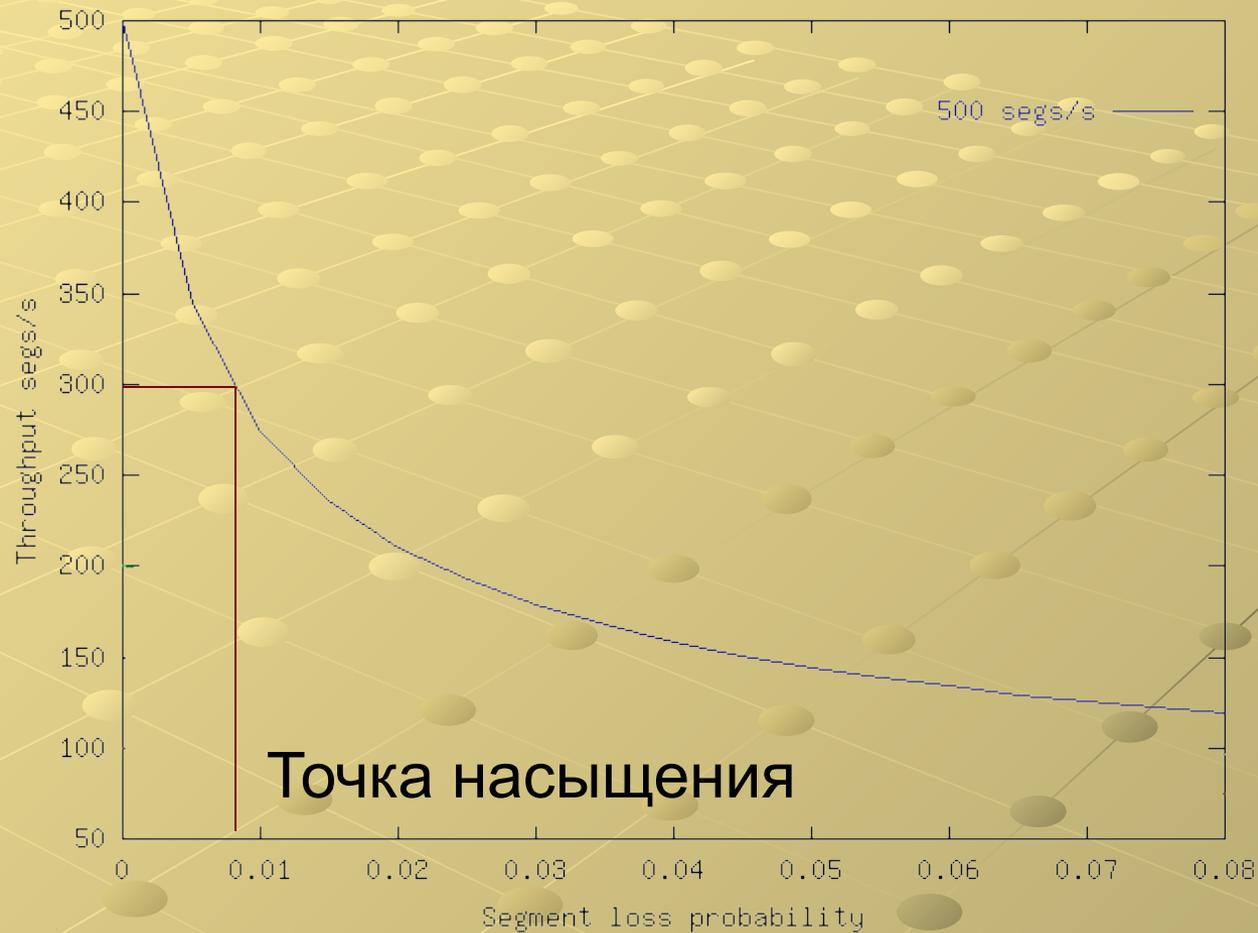
- Расчет метрик пропускной способности, оценивание которых затруднительно (дисперсия, квантили).
- Прогнозирование соответствия подсети Интернет гарантированному уровню обслуживания. Предсказание точки насыщения.
- Прогнозирование основано на прогнозе роста нагрузки.

# Планирование дисперсии пропускной способности ТСР



Мощность канала 300 сег/с,  $W_{\max}=50$  сег.

# Планирование мат. ожидания пропускной способности ТСР



$W_{\max}=70$  сег

# «Обратная» задача планирования

- Определение параметров нижних уровней сети необходимых для достижения требуемых характеристик ее транспортного уровня.
- Пример: каким должно быть значение  $g_{win}$  для того, чтобы при заданных вероятности потерь и ДДП дисперсия пропускной способности соединений ТСР не превышала 30 сег/сек?

# «Обратная» задача планирования

Определение уровней обслуживания

Определение фиксируемых параметров

Решение уравнений обратной задачи

Модель AIMD

Рекомендуемые значения параметров.  
Гарантии качества услуги.

# «Обратная» задача планирования

Искомый параметр  $r_{win}$  –  
max размер окна TCP

Дисперсия. Метрика max.  
 $D \leq 30$  сег/сек

Вероятность потерь и ДДП  
 $p=0.5\%$ ,  $R=60$  ms

Значения  
 $f(p, R, r_{win})$

Решаем уравнение  
 $\max D - f(p, R, r_{win}) = 0$

Численный метод  
решения

Модель AIMD

Рекомендуемое значение  $r_{win}$ .  
Гарантия качества услуги.

# Вопросы безопасности

- TCP - дружественные потоки. ICIRI, TBIT, 2001 г. (S. Floyd)
- Основные угрозы недружественных потоков:
  - захват ресурсов сети (каналов, маршрутизаторов)
  - деградация функции congestion avoidance
- Идентификация источников TCP – недружественных потоков, защита от них администрируемой сети.
- Проверка метрик TCP соединений на «дружественность»

# Вопросы безопасности

- Общая схема проверки

Наблюдаемая вероятность  
потери сегмента  $p$

Мод  
ел  
ь  
AI

Расчетное мат. ожидание  
пропускной способности  $T=f(p)$

Наблюдаемое мат. ожидание  
пропускной способности  $T_E$

Проверка гипотезы  
 $T_E \leq T$

# Распределенное планирование

- Мониторинг возможных гарантий производительности транспортного уровня
- Предоставление пользователям и приложениями обновляемых сведений о состояниях производительности сетевых маршрутов
- Результат – более справедливое распределение потоков данных

# Распределенное планирование

- Пример: распределенная вычислительная сеть GRID



# Заключение

- Использование концепции планирования мощности для управления производительностью транспортного уровня подсети Интернет
- Управление основано на модели AIMD
- Применение методов анализа производительности для обеспечения безопасности транспортного уровня
- Распределенное планирование