

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕТИ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аноприенко А.Я., Абабнех Х., Джон С.Н., Рычка С.В.  
Кафедра ЭВМ ДонНТУ  
anoprien@cs.dgtu.donetsk.ua

## **Abstract**

*Anoprijenko A., Ababneh H., John S., Richka S. Research of throughput and efficiency of network on the base of multiple computer simulation. In a networks base on the suite of protocol TCP/IP lies the main realization and functionality of a particular protocols which play a substantial role in the efficiencies of computing information environments. In order to conduct simulation work and analysis of computer network performances, it is necessary to define all meaningful parameters and factors affecting the throughput on a network. The multiple computer simulation on the base of various simulation tools use is the best of all choices now.*

## **Введение**

Основной задачей анализа и моделирования компьютерных сетей является определение эффективности работы сети и выявление путей и возможностей повышения ее производительности. Производительность сети измеряется с помощью временных показателей, оценивающих задержку, вносимую сетью при выполнении операции обмена данных, и показателей пропускной способности, отражающих количество информации, переданной по сети в единицу времени. Следствием анализа производительности является выявление и устранение существующих или потенциально возможных “узких мест” в сети, и выработка рекомендаций по повышению эффективности работы как сети в целом, так и отдельных ее сегментов.

На рис. 1. приведен перечень основных проблемных компонентов сети, неэффективная реализация или использование которых может негативно повлиять на производительность, как всей сети, так и отдельных ее участков.

Для наиболее достоверной и полной оценки влияния всех факторов на эффективность функционирования сети целесообразным является

комплексное использование различных средств моделирования, таких как Matlab/Simulink [1, 2], NetCracker и пр. Именно такой подход был использован при проведении исследований, результаты которых изложены в данной статье.

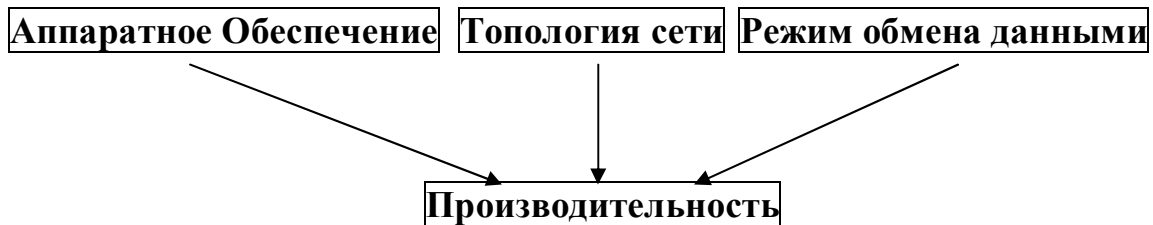


Рис. 1. Факторы, определяющие пропускную способность сети

### ***Анализ основных показателей производительности***

В сетях на базе TCP/IP особенности реализации и функционирования конкретных протоколов оказывают существенное влияние на эффективность информационно-вычислительных сред [3, 4]. Для проведения моделирования работы и анализа производительности компьютерной сети необходимо определить все значимые параметры и факторы, влияющие на производительность.

Наиболее важной характеристикой эффективности работы сети является производительности сети. Зависимость производительности обмена данными в распределенных информационно-вычислительных средах на базе стека протоколов TCP/IP описывается сложной функцией:

$$Q = f(Q_n, L, \lambda, n_\Phi), \quad 1.1$$

где,  $Q$  – производительность реальная,  
 $Q_n$  – номинальная производительность,  
 $L$  – размер файлов,  
 $\lambda$  – параметры потока,  
 $n_\Phi$  – количества файлов.

Номинальная пропускная способность ( $Q_n$ ) – это битовая скорость передачи данных, поддерживаемая на интервале передачи одного пакета.

Эффективная пропускная способность ( $Q_\Phi$ ) – это средняя скорость передачи пользовательских данных, то есть данных, содержащихся в поле данных каждого пакета. В общем случае эффективная пропускная способность протокола будет ниже номинальной из-за наличия в пакете

служебной информации, а также из-за пауз между передачей отдельных пакетов.

Отношение реальной пропускной способности сегмента, канала или устройства к его эффективной пропускной способности называется коэффициентом использования  $K_u$  ( $U$  – utilization) [2, 6] сегмента, канала или устройства соответственно. Реальная пропускная способность существенно отличается от номинальной пропускной способности протокола, что говорит о необходимости ориентации именно на реальную пропускную способность при выборе типа протокола для того или иного сегмента сети.

Эффективная пропускная способность существенно отличается от номинальной пропускной способности протокола, что говорит о необходимости ориентации именно на эффективную пропускную способность при выборе типа протокола для того или иного сегмента сети. Например, для протокола Ethernet эффективная пропускная способность составляет примерно 70% от номинальной, а для протокола FDDI – около 90% [5].

Пропускная способность протокола измеряется и в количестве кадров, передаваемых в секунду.

$$Q_n \Rightarrow Q_{\text{Э}} \Rightarrow Q_R / Q_{\text{Э}},$$

$$Q_{\text{Э}} = \frac{8 \cdot L_K}{T_{\text{total}}},$$

$$\text{Тогда, } Q_{\text{Э}} = \frac{8 \cdot L_K \cdot Q_n}{8 (L_S + L_K) + \Delta t \cdot Q_n}.$$

На рис. 2. показано зависимость эффективной пропускной способности от размера блока данных на локальную сеть ТСР/ІР.

Важной характеристикой режима работы сети ТСР/ІР является время передачи блока данных  $T$ , которое состоит из чистого времени передачи блока данных и служебной информации и суммы задержек прохождения блока данных в элементах сети  $\Delta t_i$ :

$$T = \frac{L_K + L_S}{Q_n} + \sum_{i=1}^n t_i,$$

где  $L_K$  – размер поля данных кадра,

$t_i$  – времени задержки,

$L_S$  – количество служебной информации в кадре, байт.

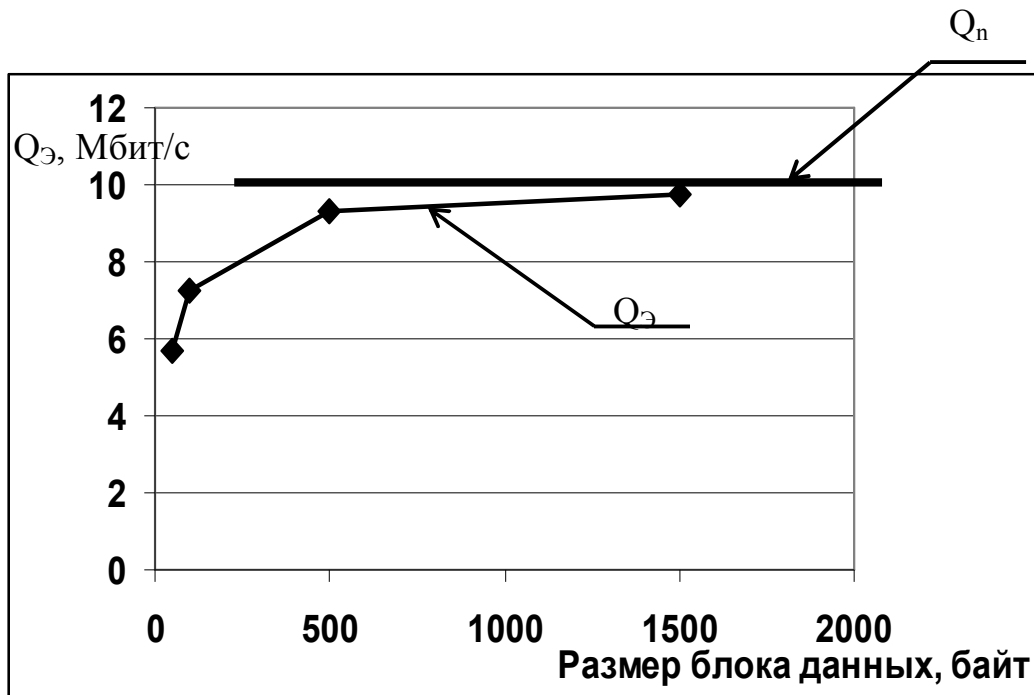


Рис. 2. Зависимость эффективной пропускной способности от размера блока данных на локальную сеть TCP/IP

Если первое слагаемое в данном выражении зависит только от номинальной пропускной способности сети и величин  $L_K$  и  $L_S$ , то второе слагаемое зависит от большого количества факторов: топология сети, особенности протокола, параметры аппаратного обеспечения и не может быть достоверно определена аналитически. Математическая постановка решаемой задачи: Найти  $L$ ,  $\lambda$  при которых функционирования потери производительности ( $K_L \Rightarrow \min$ ) при заданных  $Q_T$ ,  $Q_n$ , количество узлов( $n_y$ ), топологии сети.

Потери производительности сети могут быть охарактеризованы коэффициентом потерь ( $K_L$ ) [5, 6]:

$$K_L = \frac{Q_T - Q_R}{Q_T}$$

где  $Q_R$  – реальная пропускная способность,  $Q_R \Rightarrow f(Q_n, L, \lambda, n_\Phi)$ ,

$Q_T$  – требуемая пропускная способность,  $Q_T \Rightarrow f(Q_R)$ ,

$Q_n$  – номинальная пропускная способность,  $Q_n \Rightarrow f(Q_T, L, \lambda, n_\Phi)$ .

На рисунке 3, приведена зависимость коэффициента потерь ( $K_L$ ) от нагрузки на локальную сеть TCP/IP с пятью узлами при режиме обмена данными с разным размером файла.

Очевидно, имеет место существенное изменение коэффициента потерь ( $K_L = 0 \div 1$ ) в зависимости от нагрузки с существующим минимумом потерь производительности сети.

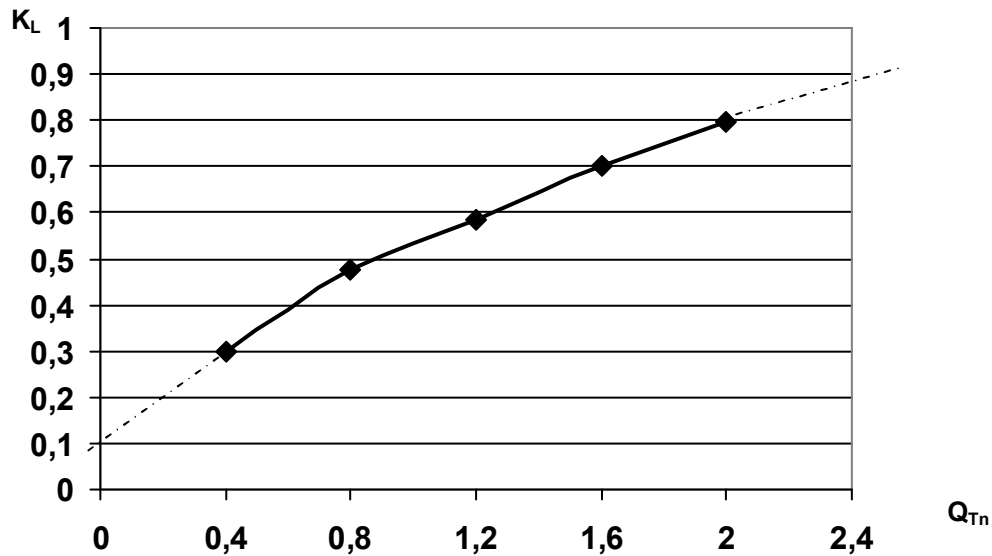


Рис. 3. Зависимость коэффициента потерь ( $K_L$ ) от нагрузки на локальную сеть TCP/IP.

### ***Анализ результатов проведенных исследований***

На рис. 4, показано график зависимости производительности сети ( $Q_R$ ) от нагрузки на сеть TCP/IP ( $Q_T$ ) [1, 2]. При этом на графике можно выделить 4 характерные зоны:

- A  $Q_T \ll Q_n$ , при этом  $Q_R = Q_T$ ,
- B  $Q_T < Q_n$ , при этом  $Q_R < Q_T$ ,
- C  $Q_T \geq Q_n$ , при этом  $Q_R < Q_T$ ,
- D  $Q_T \gg Q_n$ , при этом  $Q_R = 0$ ,

При  $Q_T \approx Q_n$  имеет место насыщение сети  $Q_R = Q_{\text{насыщ}}$ .

В зоне А сеть работает с существенным недоиспользованием пропускной способности, без сбоев. Фактическая производительность равна теоретической. Зона D характеризуется полным отказом сети.

Зоны В и С представляют наибольший интерес, так как фактическая пропускная способность существенно отличается от теоретической вследствие потерь производительности, вызванных режимами работы, близкими к насыщению. На величину потерь при этом влияет большое количество факторов и их определение исключительно теоретическими методами невозможно. Поэтому необходимо использование имитационного моделирования, для чего был разработан комплекс моделей на базе Matlab/Simulink и NetCracker. Часть зависимостей была реализована в среде Excel, что также можно рассматривать как специфический вид моделирования.

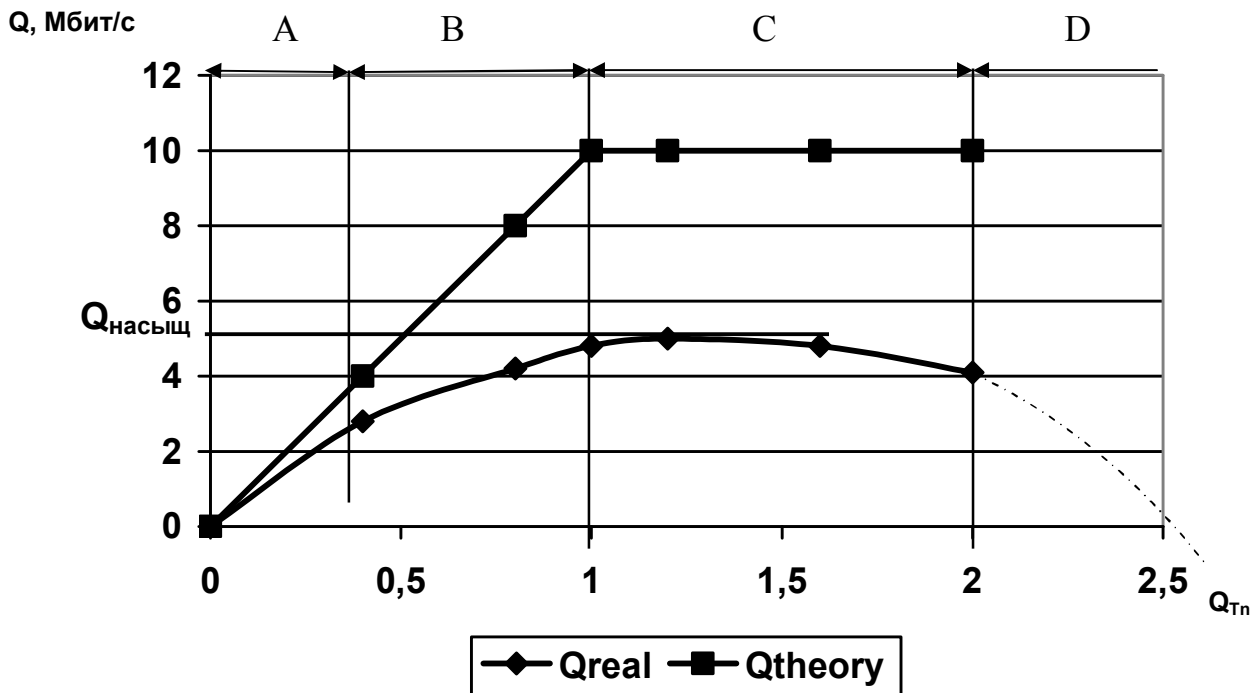


Рис. 4. Зависимость пропускной способности сети от нагрузки на локальную сеть TCP/IP

Зонам В и С соответствует интенсивное изменение коэффициента потерь см. рис. 3, который на этом участке может быть определен по зависимости:

$$K_L = K_{LS} + K_{LTCP},$$

где  $K_{LS}$  – коэффициент потерь из-за обмена служебной информацией,  
 $K_{LTCP}$  – коэффициент потерь из-за особенностей работы протокола TCP/IP в режимах насыщения сети.

Коэффициент  $K_{LS}$  определяется выражением:

$$K_{LS} = N_K \cdot L_S / Q_T$$

где  $N_K$  – количество кадров передаваемых по сети в единицу времени, тогда,  $N_K = Q_R / L_K$

$L_S$  – количество служебной информации в кадре, байт (18 байтов),

$L_K$  – размер поля данных кадра, байт (50, 100, 500, 1500).

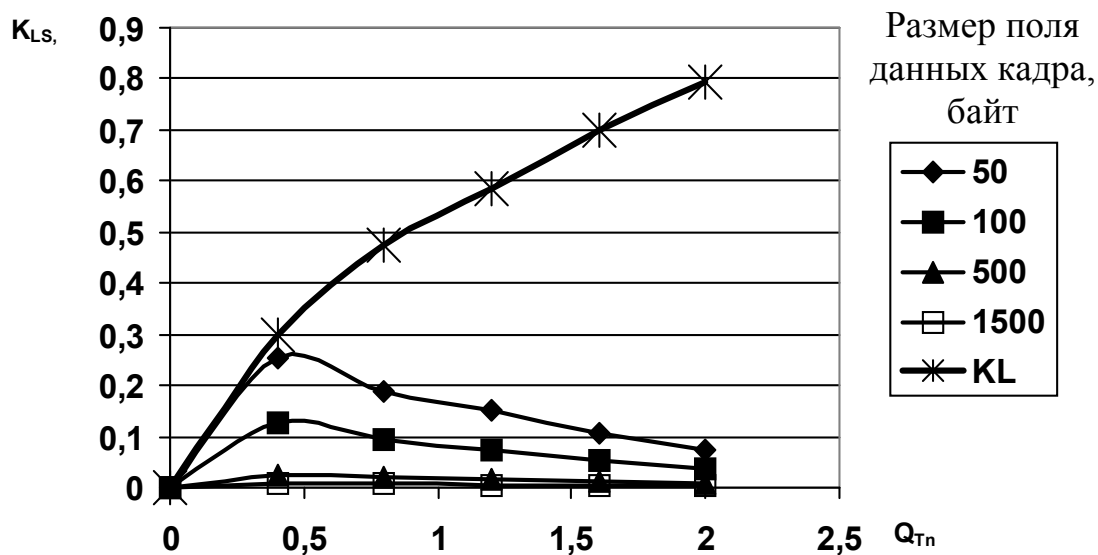


Рис. 5. Зависимость коэффициента  $K_{LS}$  от нагрузки на локальную сеть TCP/IP

На рис. 5 показаны графики зависимости коэффициента  $K_{LS}$  от нагрузки на локальную сеть TCP/IP при различных размерах кадра Ethernet. Также на графике показана зависимость  $K_L(Q_T)$  (см. рис. 3). Анализ зависимостей позволил заключить, что при малых размерах кадра (до 50 байт) доля  $K_{LS}$  в  $K_L$  очень существенна, а при больших размерах кадра основной вес в потерях производительности сети имеет коэффициент  $K_{LTCP}$ .

Теоретически установить зависимость  $K_{LTCP}$  от нагрузки, режима обмена и других факторов невозможно, поэтому основным методом исследования в данной работе принято имитационное моделирование [1].

Анализ графика зависимости коэффициента потерь от  $Q_{Tn}$  при различных размерах файлов показывает, что с ростом нагрузки потери производительности возрастают в режиме насыщения ( $Q_{Tn} = 0,8 \dots 1,6$ ) потери производительности минимальны ( $K_L = 0,4 \dots 0,7$  в зависимости от размера файла). При малых размерах файла потери существенны, возрастают значительно и зависят от нагрузки, так как вызваны большим количеством служебной информации в обмене данными.

На рис. 7 показаны графики зависимости коэффициента потерь ( $K_L$ ) от среднего размера передаваемых файлов локальную сеть ДонНТУ при различном количестве соединений и постоянном интервале времени между передачами файлов. На рис. 8 и 9 показаны сводные трехмерные графики зависимости реальной пропускной способности сети от размеров файлов, количества соединений и требуемой пропускной способности. При этом следует обратить внимание, что реальная пропускная способность сети заметно снижается при слишком малых (менее 0,5 Кбайта) и слишком больших (более 1 Мбайта) средних значениях размеров передаваемых файлов.

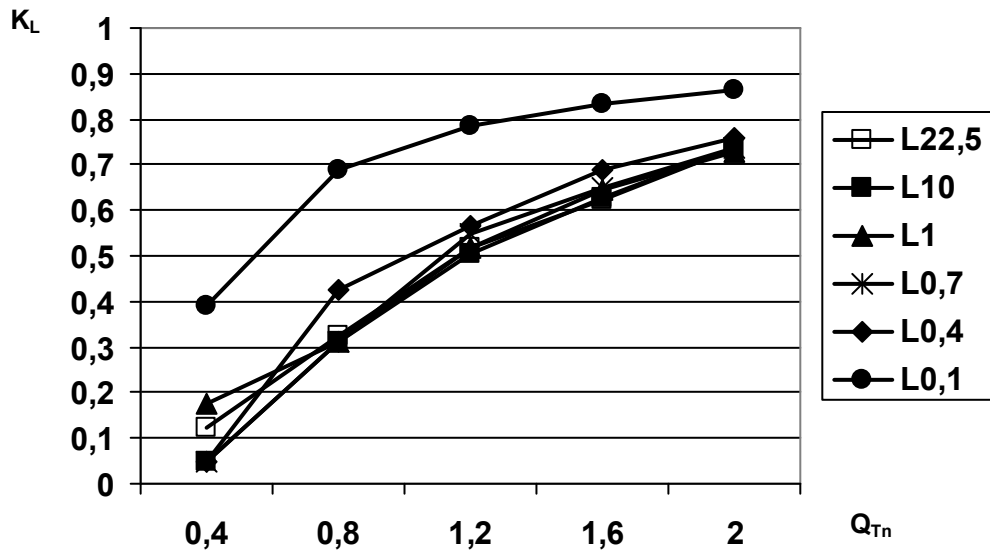


Рис. 6. Зависимость коэффициента потерь ( $K_L$ ) от нагрузки на локальную сеть TCP/IP

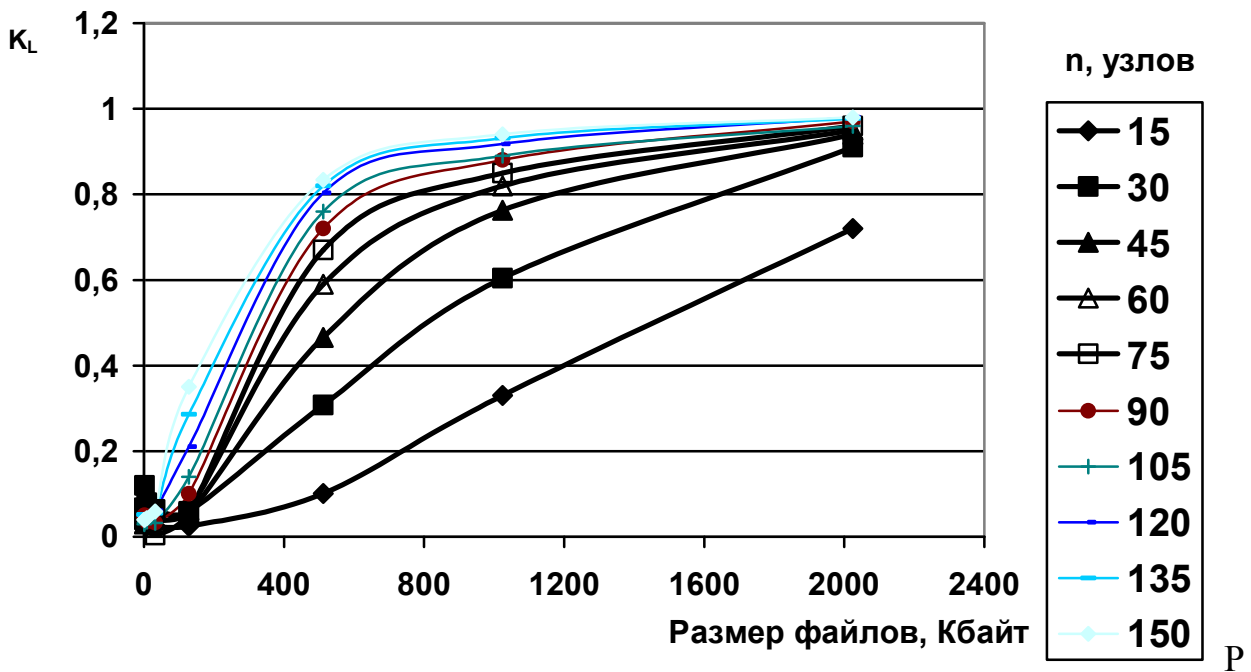


рис. 7. Зависимость коэффициента потерь ( $K_L$ ) от среднего размера передаваемых файлов локальную сеть ДонНТУ.

В целом следует отметить, что моделирование с использованием различных средств позволяет не только получить более полные результаты, но осуществить их взаимную проверку.



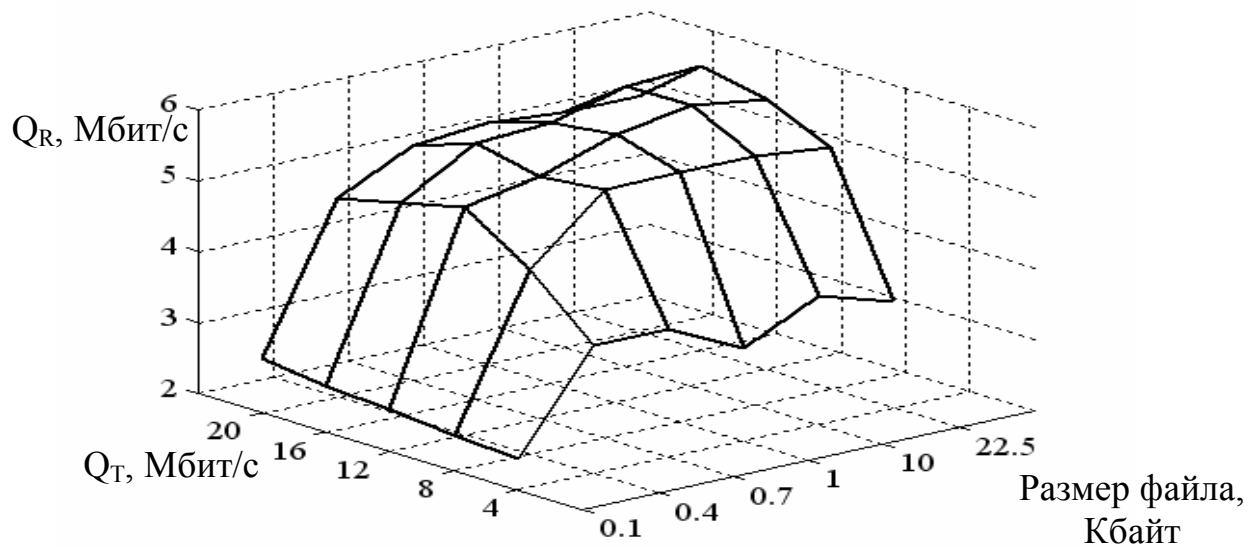


Рис. 8. Зависимость реальной пропускной способности от среднего размера передаваемых файлов и требуемой пропускной способности

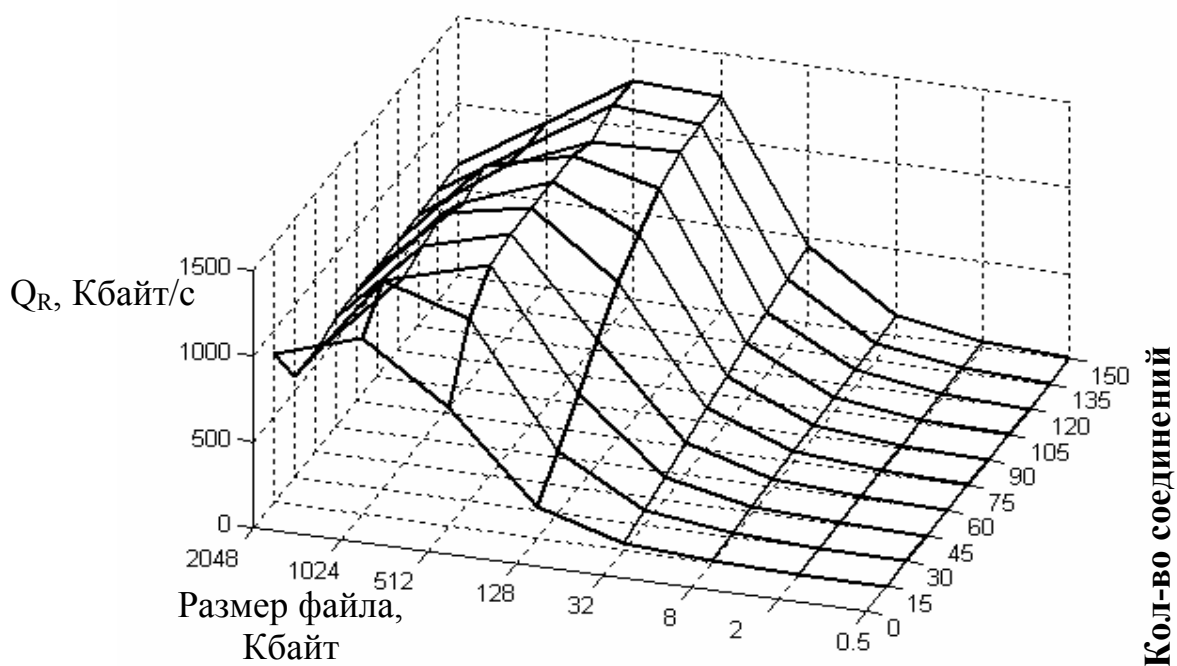


Рис. 9. Зависимость реальной пропускной способности сети от количества соединений при различных средних размерах передаваемых файлов

## **Выводы**

В настоящее время актуальным с точки зрения повышения эффективности сетевых структур и приложений является исследование и моделирование сетевой инфраструктуры с учетом особенностей реализации конкретных протоколов. Как отмечалось уже в работе [6] сложность современной сетевой инфраструктуры, типичным примером которой является компьютерная сеть крупного университета, предполагает комплексное использование различных средств моделирования для получения наиболее полной информации об особенностях функционирования сети, наиболее эффективных режимах ее использования и путях развития. Некоторые результаты такого рода исследований применительно к вычислительной сети ДонНТУ представлены в данной статье и могут быть использованы при анализе и эксплуатации аналогичных сетей.

## **Литература**

1. Аноприенко А.Я., Джон С.Н., Нури А. Ж. Многоуровневое моделирование сетей на базе стека протоколов TCP/IP в среде Matlab/Simulink // Информатика, кибернетика и вычислительная техника: 39. науч. тр. – Д.: ДонНТУ, 2002. – С. 271-279.
2. Джон С.Н. Моделирование на базе SimuLink методов доступа к среде передачи типа CSMA/CD // Проблемы моделирования и автоматизации проектирования: 52. науч. тр. – Д.: ДонНТУ, 2002. – С. 41-47.
3. Забровский С.В., Мацак С.А., Потапенко В.А., Сисюкин В.С. Опыт использования сети Интернет в качестве распределенной среды моделирования // Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем: 29. наук. пр. – Д.: ДонДТУ, 2001. – С. 254-259.
4. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб: Издательство «Питер», 1999. – 672 с.
6. Аноприенко А.Я., Джон С.Н., Рычка С.В. Особенности моделирования и оценки эффективности работы сетевой инфраструктуры / Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія “Обчислювальна техніка та автоматизація”. Випуск 38. - Донецьк, ДонДТУ, 2002, с. 205-210.