

УДК 519.711.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ В АУДИТОРИИ ВУЗА

А.А. Воронцов¹

¹кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. Целью работы является анализ возможности использования локальных сетей с синхронным временем доступа в компьютерных аудиториях ВУЗа. Рассматриваются вопросы, связанные с эффективностью локальных сетей, на основании анализа ее временных характеристик, таких как среднее квадратическое отклонение и дисперсию линии задержки в непрерывном времени, а также среднее время задержки пакета данных с учетом требований, предъявляемых к современным локальным сетям. Выполнено соответствующее моделирование и получены результаты.

Ключевые слова: локальная сеть, временные характеристики, компьютерная аудитория, моделирование, синхронный доступ, время доступа, компьютерное моделирование.

MATHEMATICAL MODELLING OF TEMPORARY CHARACTERISTICS OF COMPUTER NETWORK IN AUDIENCE OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Alexander Vorontsov¹

¹Ph.D., associate professor "Computers and systems", federal state-funded educational institution of the highest education "Penza state technological university", Penza, Russia, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Abstract. The aim of the work is to analyze the possibility of using local networks with synchronous access time in the computer rooms of the university. Issues related to the efficiency of local networks are considered based on an analysis of its time characteristics, such as the standard deviation and dispersion of the delay line in continuous time, as well as the average delay time of the data packet, taking into account the requirements for modern local networks. The corresponding simulation was performed and the results obtained.

Keywords: local network, time characteristics, computer audience, modeling, synchronous access, access time, computer simulation.

Введение. На сегодняшний день практически каждая организация имеет свою локальную сеть. Перспективность их создания обусловлена возможностью совместного доступа узлов сети, суммирования вычислительных мощностей, организация доступа к единым базам данных, повышения

эффективности работы организации в целом. Каждую из локальных сетей можно представить, как совокупность ее частей, то есть сегментов, в состав которых входит множество устройств, таких как компьютеры, ноутбуки, принтеры, сканеры, промежуточные сетевые устройства и т.д.

Существует множество вариантов построения локальных сетей с использованием различных топологий. Наиболее распространенными в локальных сетях топологиями на данный момент являются пассивные “звезда” и “дерево”, однако в случае использования небольшого количества узлов и ограниченного бюджета на реализацию сети, в ней возможна реализация и топологии “шина”. К преимуществам последней можно также отнести возможность отключения и подключения узлов сети даже во время работы остальных узлов.

На данный момент в учебных заведениях, в частности в ВУЗах создаются и активно используются компьютерные аудитории, содержащих от нескольких единиц до нескольких десятков узлов, то есть компьютеров, принтеров и т.д. При сравнительно небольших передачах данных между ними в таких аудиториях возможно их соединение по топологии “шина”.

Одним из важных вопросов, которые необходимо учитывать при работе в локальной сети, в частности в компьютерных аудиториях ВУЗов, являются вопросы, связанные с синхронизацией передачи данных и целостности передаваемой информации.

Существует множество методов управления передачи данных в локальных сетях, наиболее простым с точки зрения реализации из которых является метод синхронного времени доступа узлов к сети, в котором каждому из устройств для передачи данных отводится квант времени, по истечению которого передача данных осуществляется следующим устройством. Данный метод можно использовать в локальных сетях с небольшим количеством узлов, в частности в компьютерных аудиториях ВУЗов.

Оценка эффективности работы в таких сетях при передаче данных также является важной задачей, реализация которой возможна при исследовании временных характеристик, основными из которых являются среднее время и дисперсия времени задержки данных в непрерывном времени, а также его среднее квадратическое отклонение.

Целью работы является уточнение существующих математических моделей временных характеристик локальных сетей и их адаптация к требованиям, предъявляемым к современным локальным вычислительным сетям на примере компьютерной аудитории ВУЗа.

Материал и результаты исследований.

Как уже было ранее отмечено, к основным временным характеристикам в локальных сетях можно отнести среднее время и дисперсия времени

задержки данных в непрерывном времени, а также его среднее квадратическое отклонение. Их для локальных сетей с синхронным временным доступом можно определить по известным выражениям, например из [1].

Так, согласно указанному источнику среднее время задержки пакета данных можно определить по формуле:

$$\bar{t}_q = \frac{N \cdot n_{ok} \cdot (2 - q_i \cdot (N + 1))}{2 \cdot V_c \cdot (Q_c - q_i \cdot N)}, \quad (1)$$

где N – количество узлов сети; V_c – скорость передачи данных в сети.

Параметр сети Q_c можно определить по формуле $Q_c = (1 - p)^{n_k}$, где p – вероятность возникновения ошибки в канале связи при обслуживании пакета данных а n_k – количество разрядов кадра, определяемое согласно выражению:

$$n_k = r_a + r_y + r_k + k, \quad (2)$$

где r_a – количество разрядов в поле адреса пакета данных, $r_a = 2 \cdot \log_2 N$, r_y – количество разрядов управления в пакете данных, r_k – количество контрольных разрядов пакета данных, k – количество разрядов пакета данных.

Необходимо отметить, что в современных локальных сетях количество разрядов пакета данных в среднем составляет 1024 бита, а согласно требованиям к локальным сетям [2] вероятность возникновения ошибки должна быть не более $10^{-8} \dots 10^{-12}$. Учитывая эти факты, параметр сети Q_c можно в расчетах брать равным $Q_c = 1$.

Коэффициент n_{ok} можно определить как $n_{ok} = \bar{n}_k + n_{kv} + n_{pm}$, в котором n_{kv} – количество разрядов, передаваемых по обратной связи (квитанция) для контроля ошибок в компьютерной сети, n_{pm} – коэффициент, зависящий от выбранной топологии сети, определяемый для топологии шина по известной формуле:

$$n_{pm} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot D_m \cdot V_c, \quad (3)$$

где D_m – длина канала связи, V_c – скорость передачи данных в сети.

Коэффициент \bar{n}_k можно определить согласно выражению:

$$\bar{n}_k = n_k + r_{pr} + r_f, \quad (4)$$

где r_{pr} и r_f - количество разрядов преамбулы и флага пакета данных соответственно.

Вероятность появления заявки на такте q_i можно определить согласно выражению [1]:

$$q_i = \lambda_i \cdot T_0, \quad (5)$$

где λ_i - интенсивность поступления потока заявок в буфер. T_0 - длительность тактового интервала передачи данных, определяемый по формуле:

$$T_0 = (\bar{n}_k + n_{pm} + n_{kv}) \cdot V_c^{-1}, \quad (6)$$

Учитывая выражения (2),(4) и (6) формулу (1) можно привести к следующему виду:

$$\bar{t}_q = \frac{N \cdot T_0 \cdot (2 - q_i \cdot (N + 1))}{2 \cdot (Q_c - q_i \cdot N)} \quad (7)$$

Дисперсия линии задержки в непрерывном времени можно определить согласно известного выражения [1]:

$$D_{t_q} = T_0^2 \cdot \left(\frac{3N \cdot (2N - Q_c - NQ_c)}{Q_c^2} \cdot \frac{2Q_c^2(1-\Theta) + q_i^2 N(2N - Q_c - NQ_c)}{Q_c^2} + \frac{6 \cdot (1-\Theta)^2}{2q_i \cdot (1-\Theta)(NQ_c(N-1)(4NQ_c - 2Q_c - 3N) + 3NP_c(2N - Q_c - NQ_c))} + \frac{Q_c^3}{6 \cdot (1-\Theta)^2} + \left(\frac{N}{Q_c} + \frac{q_i N(2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1-\Theta)Q_c^2} - \left(\frac{N}{Q_c} + \frac{q_i N(2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1-\Theta)Q_c^2} \right)^2 \right) \right), \quad (8)$$

где P_c - коэффициент, $P_c = 1 - Q_c$, Θ - вероятность того, что буфер занят, определяемая по формуле:

$$\Theta = q_i * N/Q_c, \quad (9)$$

С учетом того, что параметр сети Q_c можно в расчетах брать равным $Q_c=1$, а также известных математических операций, выражении (8) возможно привести к следующему виду:

$$D_{t_q} = T_0^2 \cdot \left(\begin{aligned} & \frac{3N \cdot (2N - Q_c - NQ_c) \cdot 2Q_c^2 (1 - \Theta) + q_i^2 N (2N - Q_c - NQ_c)}{6Q_c^4 \cdot (1 - \Theta)^2} + \\ & + \frac{2q_i \cdot (1 - \Theta) (NQ_c (N - 1) (4NQ_c - 2Q_c - 3N))}{6Q_c^4 \cdot (1 - \Theta)^2} + \\ & + \left(\frac{N}{Q_c} + \frac{q_i N (2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1 - \Theta) Q_c^2} - \left(\frac{N}{Q_c} + \frac{q_i N (2N - Q_c - NQ_c)}{2 \cdot (1 - \Theta) Q_c^2} \right)^2 \right) \end{aligned} \right) \quad (10)$$

В выражении (10) возможны и дальнейшие упрощения, однако именно в этом виде будем его использовать для последующих вычислительных экспериментов.

Расчет немаловажной характеристики среднего квадратического отклонения будет производиться по известной формуле:

$$\sigma = \sqrt{D_{t_q}} \quad (11)$$

Так как время задержки пакета не должно быть отрицательным, то в формуле (1) должно выполняться условие $Q_c > q_i \cdot N$. определим максимально возможные значения q_i при различных значениях N .

Количество узлов в сети $N=32$ является на сегодняшний день вполне приемлемым значением для компьютерного класса. Исходя из этого значения и с учетом того, что значение Q_c можно в расчетах брать равным $Q_c=1$, значение $q_i < 1/32$. Это вносит согласно выражению (5) ограничения на значение λ_i - интенсивности поступления потока заявок в буфер. Необходимо отметить, что максимально возможное значение λ_i для количества узлов в локальной сети равного 32 и других значений, подробно описываемых для основного варианта локальной сети в эксперименте будет ограничено значением 76, поэтому в эксперименте указанное значение будет не превышать 60 пакетов в секунду.

Определимся со значениями всех переменных, входящих в состав выражений (1)-(10) для основного варианта локальной сети. Под термином основной вариант будем понимать значения переменных, которые будем

брать для моделирования в дальнейшем. Выберем следующие значения величин, входящих в состав выражений (1)-(10):

- количество разрядов пакета данных $k=1024$ бита;
- количество узлов сети $N=32$;
- скорость передачи данных в сети $V_c=100$ Мбит;
- количество разрядов в поле адреса пакета данных $r_a=2\log_2 N=10$ бит;
- количество разрядов управления в пакете данных $r_y=16$ бит;
- количество контрольных разрядов пакета данных, $r_k=16$ бит;
- вероятность возникновения ошибки в канале связи при обслуживании пакета данных $p=10^{-9}$;
- количество разрядов, передаваемых по обратной связи (квитанция) для контроля ошибок в компьютерной сети $n_{kv}=32$ бит;
- длина канала связи $Dm=100$ м;
- количество разрядов преамбулы пакета данных $r_{pr}=32$ бита;
- количество разрядов флага пакета данных $r_f=8$ бит;
- интенсивность поступления потока заявок в буфер $\lambda_i=60$ пакетов/сек.

Результаты моделирования зависимости дисперсии линии задержки в непрерывном времени D_{t_q} , среднего квадратического отклонения σ и среднее время задержки пакета данных $\overline{t_q}$ от длины канала связи Dm для различных значений интенсивности поступления потока заявок в буфер λ_i приведены на рисунках 1, 2 и 3 соответственно. На них кривая 1 получена для значения $\lambda_i=10$, кривые 2, 3, 4 и 5 для значений 20, 30, 40 и 60 пакетов в секунду соответственно. Длина канала связи Dm измеряется в метрах, дисперсия линии задержки в непрерывном времени D_{t_q} - в c^2 , среднее квадратическое отклонения σ и среднее время задержки пакета данных $\overline{t_q}$ в секундах.

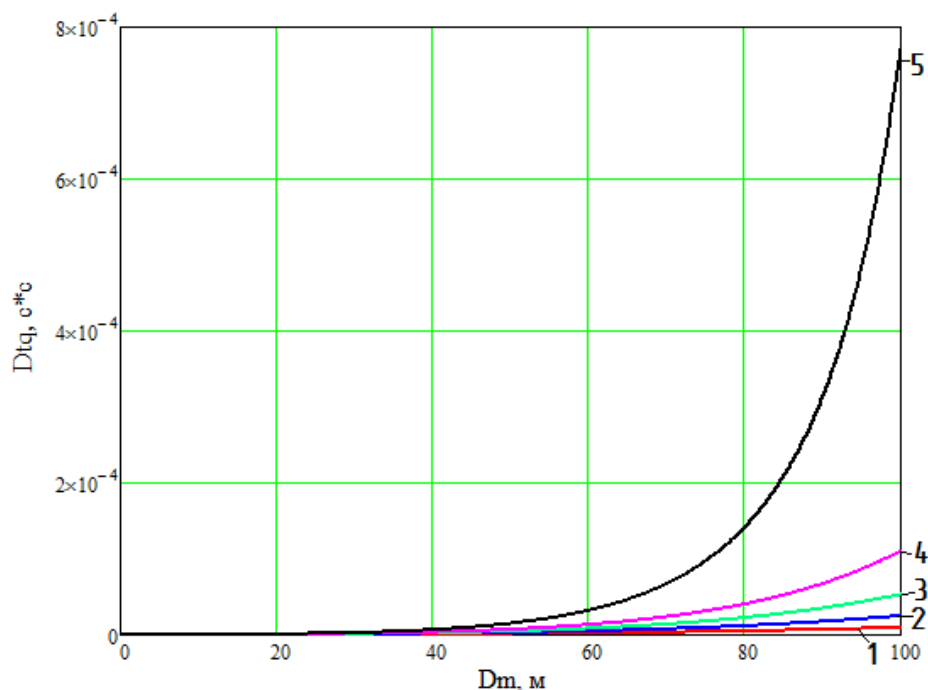


Рисунок 1 – Результати моделювання залежності дисперсії лінії задержки пакета даних в неперервному часі від довжини каналу зв'язу Dm для різних значень інтенсивності поступлення потоку заявок в буфер λ_i

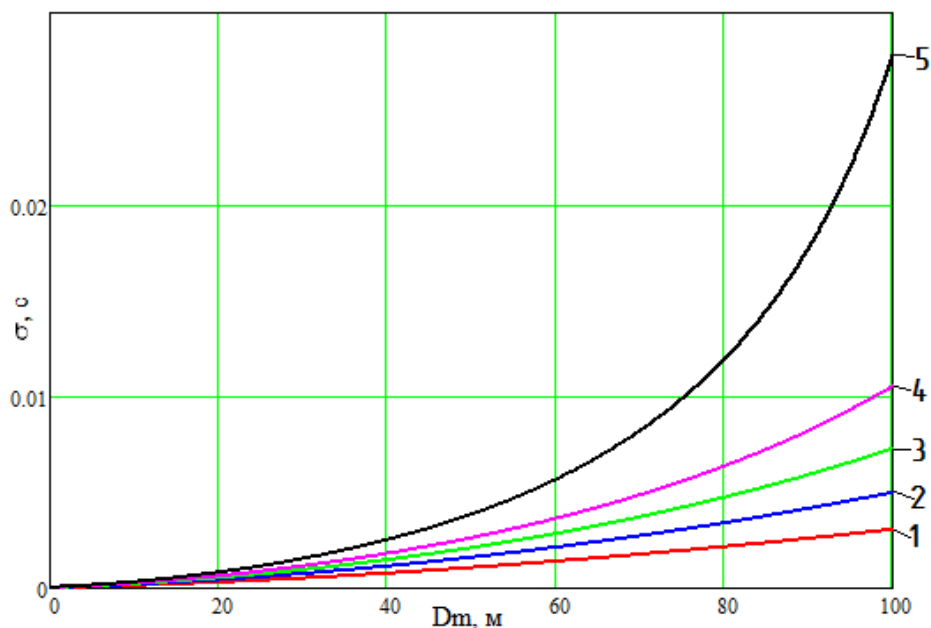


Рисунок 2 – Результати середнього квадратичного відхилення σ часу задержки пакета даних від довжини каналу зв'язу Dm для різних значень інтенсивності поступлення потоку заявок в буфер λ_i

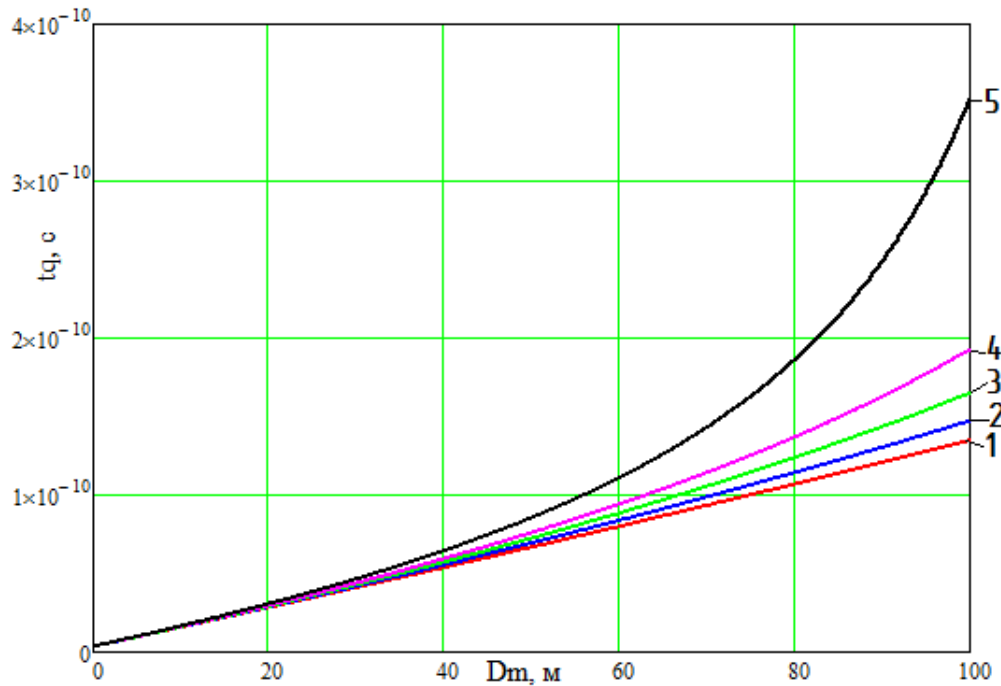


Рисунок 3 – Результаты моделирования зависимости среднего времени задержки пакета данных $\overline{t_q}$ от длины канала связи D_m для различных значений интенсивности поступления потока заявок в буфер λ_i

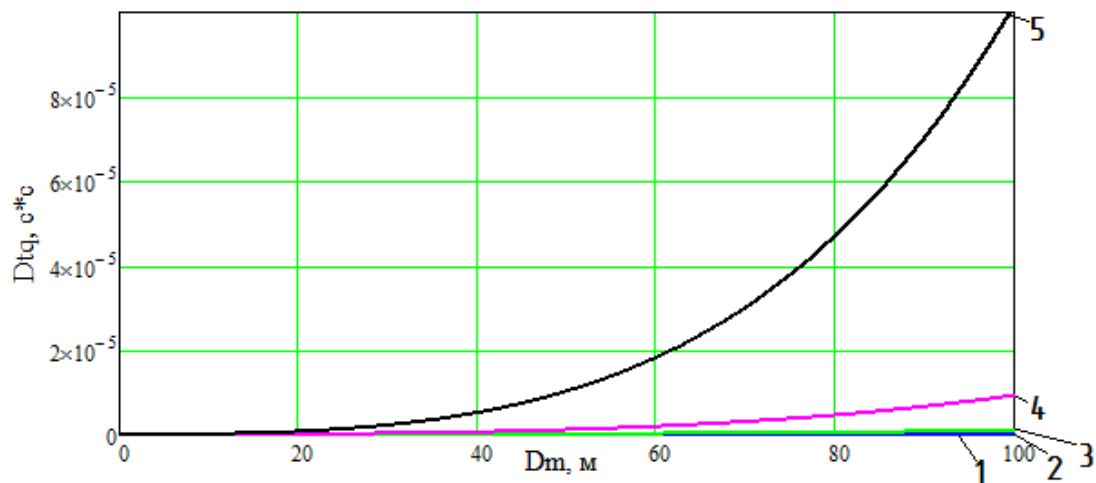


Рисунок 4 – Результаты моделирования зависимости дисперсии линии задержки пакета данных в непрерывном времени от длины канала связи D_m для различных значений количества узлов сети N

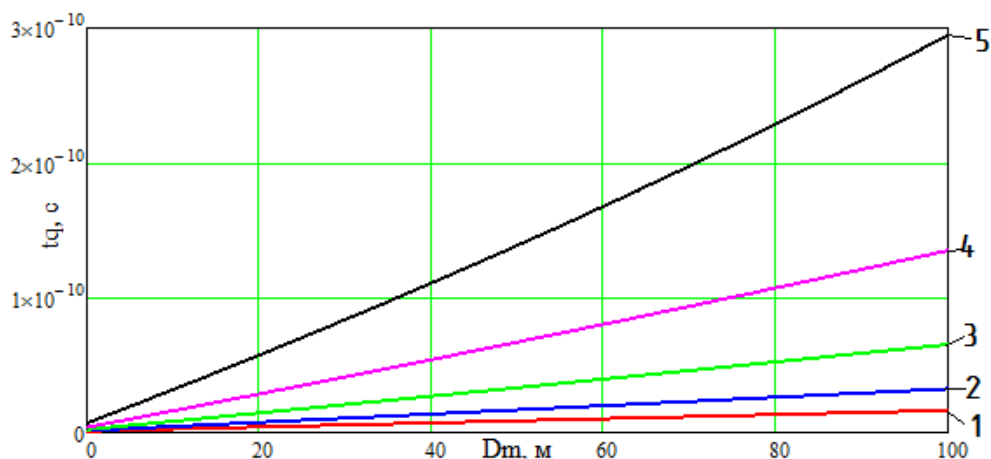


Рисунок 5 – Результаты среднего квадратического отклонения σ времени задержки пакета данных от длины канала связи Dm для различных значений количества узлов сети N

Вычислительный эксперимент, результаты которого приведены на рисунках 1 – 3 показали, что с увеличением длины канала связи и количества пакетов заявок наблюдается увеличение исследуемых временных характеристик. Наиболее ощутимые изменения наблюдаются для значения $Q_c \approx q_i \cdot N$ (при условии, что $Q_c > q_i \cdot N$).

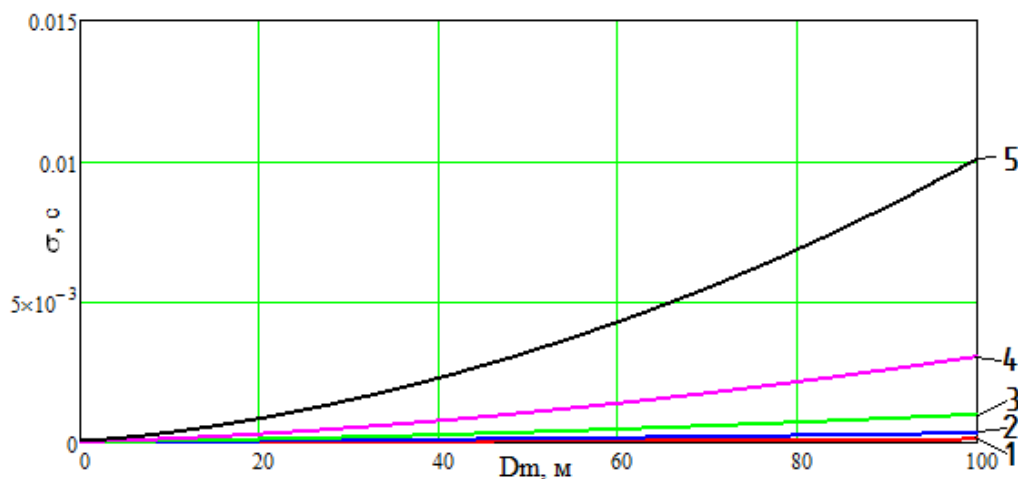


Рисунок 6 – Результаты моделирования зависимости среднего времени задержки пакета данных \bar{t}_q от длины канала связи Dm для различных значений количества узлов сети N

Подобные результаты наблюдались при исследовании при изменении количества узлов N для значения интенсивности поступления потока заявок в буфер $\lambda_i = 10$ пакетов/сек, для количества узлов в локальной сети $N1=4$ (кривая 1), $N2=8$ (кривая 2), $N3=16$ (кривая 3), $N4=32$ (кривая 4), $N5=64$

(кривая 5) в результатах моделирования зависимости дисперсии линии задержки в непрерывном времени D_{t_q} , среднего квадратического отклонения σ и среднее время задержки пакета данных \bar{t}_q от длины канала связи Dm , приведенных на рисунках 4, 5 и 6 соответственно.

Вывод. В заключении необходимо отметить, что количество бит пакета данных и полей из которых он состоит, а также их длины отличны у сетей, работающих по интернет протоколу (IPv4 или IPv6), однако эти изменения будут отражены лишь в численных значениях коэффициентов, выражения (1),(3),(5),(7)-(11) останутся неизменными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорочинская К.В. Модели и методы расчета локальных сетей реального времени : автореферат ... кандидата технических наук : 05.12.13.- Санкт-Петербург, 2001.- 267 с.
2. Компьютерные сети. 5-е изд. / Э. Таненбаум. — СПб.: Питер, 2012. - 992 с.

УДК 519.711.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОСТИ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО УГЛОМЕРА ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

А.А. Воронцов¹

¹кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Россия, e-mail: aleksander.vorontsov@gmail.com

Аннотация. В данной статье получена расчетная формула угла наклона плоскости двухкоординатного магнитострикционного угломера через углы наклона во взаимно перпендикулярных плоскостях α и β . Совпадение численных значений результатов, полученных при моделировании и экспериментальным методом свидетельствует об адекватности расчетной формулы.

Ключевые слова: угол наклона плоскости, расчет угла наклона, двухкоординатный магнитострикционный угломер, магнитострикционный угломер.