

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ISSN 2073-4791

**ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ
ТА УПРАВЛІННЯ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

2(34)/2011

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

ПРОБЛЕМИ
ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ

Збірник наукових праць
Випуск 2 (34)

Київ 2011

ЗМІСТ

Азаров О.Д., Богомолов С.В., Абрамчук І.В.	
Нелінійні спотворення вхідних каскадів двотактних підсилювачів струму	6
Азаров О.Д., Теплицький М.Ю., Гарнага В.А.	
Двотактні підсилювачі постійного струму на базі двонаправлених відбивачів струму	15
Бельська О.А.	
Синтез автоматичної системи неперервного моніторингу технічного стану динамічних об'єктів	23
Васильєв В.М., Науменко К.В.	
Оцінка точності оптимального оброблення траєкторних вимірювань багатопозиційних далекомірних систем	31
Domarev D.V.	
Information security management system "MATRIX" based on system approach	36
Дрововозов В.И., Гребиниченко Е.С., Бригинец Е.Н.	
Использование технологии <i>UMTS</i> для повышения скорости и надежности передачи данных в беспроводных сетях	40
Жолдаков О.О.	
Алгоритм побудови множини припустимих послідовностей робіт для виконавців технічного обслуговування повітряних суден	45
Заруцкий В.А., Амирханов Э.Д., Холявкина Т.В.	
Метод оценки и рационального выбора параметров специализированной беспроводной сети	51
Игнатов В.А., Гузий Н.Н., Сорая М.А.	
Метод расчета показателей гарантоспособности компьютерных сетей	58
Искренко Ю.Ю.	
Повышение производительности передачи мультимедийного трафика	64
Короткий Е.В., Лисенко А.Н.	
Влияние виртуальных каналов на транспортную задержку сети на кристалле	69
Кудренко С.О., Ігнатов В.О.	
Оптимальний структурний синтез гетерогенного аерокосмічного комплексу	74
Лукашенко В.В.	
Информационная модель процесса экспертизы методов управления корпоративной сетью	78
Нагурний А.А.	
Методы контроля состояния и управления надежностью корпоративной сети	85

UDK 681.518 (045)

Algorithm of creating sets of acceptable work sequences for the executors of Aircraft Maintenance / Zholdakov O.O.

The problem of constructing mathematical model of aircrafts preflight maintenance management task is contemplated. This model should allow using modern computing facilities for its operative solving. The decomposition of efficient aircraft maintenance management task is described. This leads a problem of mathematical model nonlinearity to the solution of three problems with linear structure, and thus allows applying combinatory methods, which give finite set of solutions together with possibility of their reception in an admissible time, to their solution. Algorithm of creating sets of acceptable work sequences for the executors of Aircraft maintenance is produced.

УДК 004.45(045)

Метод оцінки і раціонального вибору параметрів спеціалізованої бездротової мережі / Заруцький В.О., Амірханов Э. Д., Холявкіна Т.В.

Розроблено математичну модель процесу функціонування спеціалізованої бездротової мережі з варіаціями навантаження в широких межах. Виконані розрахунки залежностей імовірності відмови в доступі і обслуговуванні від числа мережних вузлів, навантаження на мережу і інтенсивності зовнішніх перешкод. Отримані чисельні результати аналізу, які можуть застосовуватися для раціонального вибору технічних характеристик і параметрів алгоритму роботи мережі.

УДК 004.45(045)

Метод оценки и рационального выбора параметров специализированной беспроводной сети / Заруцкий В.А., Амирханов Э. Д., Холявкина Т.В.

Разработана математическая модель процесса функционирования специализированной беспроводной сети с вариациями нагрузки в широких пределах. Выполнены расчеты зависимостей вероятностей отказа в доступе и обслуживании от числа сетевых узлов, нагрузки на сеть и интенсивности внешних помех. Получены численные результаты анализа, которые могут применяться для рационального выбора технических характеристик и параметров алгоритма работы сети.

УДК 004.45(045)

The Method of estimation and rational choice of parameters of specialized wireless network / Zarutsky V.A., Amirkhanov E.D, Kholiyavkina T.V.

The mathematical model of process of functioning of the specialized wireless network with variations of loading in wide limits is developed. The calculations of dependences of probabilities of denial in access and service from the number of network nodes, network load and intensity of external interference are executed. The numerical results of analysis, which can be used for the rational choice of technical descriptions and parameters of algorithm of work of network, are got.

УДК 004.7(045)

Методи розрахунку показників гарантозданості комп'ютерних мереж / Ігнатов В.О., Гузій М.М., Сорая М.А.

Розроблені математичні моделі для розрахунку показників гарантоспособности ZG(p,m) – систем, запропонований метод розрахунку показників гарантоспособности телекомунікаційних і комп'ютерних мереж

УДК 004.45(045)

Заруцкий В.А.,
Амирханов Э. Д.,
Холявкина Т.В., к.т.н.

МЕТОД ОЦЕНКИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

Национальный авиационный университет

Разработана математическая модель процесса функционирования специализированной беспроводной сети с вариациями нагрузки в широких пределах. Выполнены расчеты зависимостей вероятностей отказа в доступе и обслуживании от числа сетевых узлов, нагрузки на сеть и интенсивности внешних помех. Получены численные результаты анализа, которые могут применяться для рационального выбора технических характеристик и параметров алгоритма работы сети.

Введение

В существующих сетях можно выделить следующие методы технического обслуживания: профилактический, восстановительный и статистический. Каждый из них имеет определенные преимущества и недостатки перед другими, поэтому используются различные сочетания методов. Однако в связи с повышением надежности все большее предпочтение в современных сетях получает статистический метод обслуживания, суть которого состоит в том, что ремонтно-восстановительные работы начинаются после того, как качество функционирования достигло критического значения. Элементы сети подвергаются техническому диагностированию для получения информации о состоянии элементов сети. При ухудшении качества функционирования они, как правило, выводятся из рабочей конфигурации для восстановления работоспособности. Данная методика позволяет исключить многие виды дефектов, которые обычно возникают при профилактическом обслуживании в связи с демонтажем и другими работами, а в сети и ее элементах допустимо некоторое число неисправностей, не приводящих к прекращению правильного функционирования благодаря наличию избыточности.

Целесообразность применения статистического метода технического

обслуживания в беспроводных сетях определяется в основном двумя факторами: развитой системой контроля и диагностирования и использованием в элементах сети высоконадежной элементной базы.

Функционирование сети происходит в условиях постоянного воздействия различного рода возмущений. Это может приводить к перегрузке узлов коммутации и каналов связи, возникновению ошибок в передаваемых сообщениях.

Эффективность и качество работы любой информационно-вычислительной системы практически полностью определяют три важнейшие свойства – точность, надежность и достоверность доставки информации. Специализированные беспроводные сети (сети специального и критичного применения) имеют свою специфику [1]. Во-первых, к качеству передачи информации, циркулирующей в сети, как правило, предъявляются особые требования, в частности, допустимые вероятности ошибок значительно меньше, чем в обычных сетях. Во-вторых, часто непосредственный доступ к сети для решения задач контроля, диагностики и устранения неисправностей узлов и элементов сети затруднен или вообще невозможен. Поэтому задача косвенной оценки производительности специализированных сетей в зависимости от их

помехозащищенности является актуальной.

Постановка задачи

Рассмотрим специализированную беспроводную сеть без инфраструктуры (сеть *Ad Hoc*). Такие сети широко применяются для решения ограниченного круга задач в условиях больших перепадов нагрузки, наличия интенсивных помех. При этом требуется гарантированное качество обмена данными.

В условиях стабильно высокой нагрузки на сеть правомерным является допущение о статистической независимости процессов функционирования отдельных узлов [2]. Однако такое допущение может привести к существенным погрешностям при оценке производительности сетей, работающих в условиях изменений нагрузки в широких пределах [3]. В частности, если очередь заявок на i -й узел велика (входной буфер хранения заявок близок к заполнению), то высока вероятность, что на интервале доступа i -му узлу на j -й узел также поступит пакет. С учетом изложенного необходимо учитывать взаимозависимость процессов, протекающих в разных узлах сети.

Рассмотрим сеть, состоящую из N статистически однородных узлов, во входной буфер каждого из которых поступает пуассоновский поток пакетов с интенсивностью λ . Параметры пакетов одинаковы и постоянны на интервале наблюдения; канал считается идеальным, а время распространения сигнала между узлами — пренебрежимо малым. Кроме того, предполагается, что в буферной памяти каждого узла может храниться не более R пакетов. Отказ в обслуживании происходит при следующих условиях:

- при полном заполнении входного буфера;
- при истечении времени жизни пакета;
- при исчерпании попыток передачи пакета.

Такая модель, несмотря на внешнюю простоту, вполне адекватно отражает реальную ситуацию обслуживания суммарных потоков, приходящих от разных источников на один узел-приемник. При суммировании интенсивностей отдельных потоков с произвольными вероятностными распределениями результирующая плотность вероятности асимптотически сходится к пуассоновской. Это объясняется тем фактом, что пуассоновское распределение относится к классу статистически устойчивых [4].

Необходимо оценить следующие показатели производительности:

- среднее значение τ_d времени задержки пакета, отсчитываемого от момента поступления пакета в очередь данного узла и до момента окончания его обслуживания, т.е. по окончании интервала, завершающего успешную передачу, или интервала до момента последней неудачной попытки передачи, приводящей к потере пакета;
- вероятность отказа в передаче пакета, происходящего либо переполнения очереди станции, либо из-за достижения максимального числа M_r повторных передач.

Математическая модель процесса функционирования сети

Адекватной моделью процесса обмена данными в сети с взаимосвязанными узлами является процесс гибели и размножения [4,5], схема которого изображена на рис. 1. Состояние этого процесса определяется суммарным числом R_2 пакетов, находящихся в очередях станций сети, включая пакеты, которые передаются в текущий момент. Периодом отсчетов является интервал времени, выделяемый для каждого узла. На рис. 1 не показаны циклы, когда система остается в том же самом состоянии, поскольку можно считать, что вероятности таких событий для реально функционирующих сетей пренебрежимо малы по сравнению с

вероятностями переходов из состояния в состояние [6].

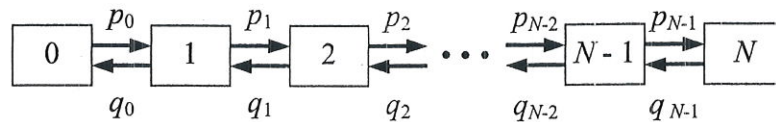


Рис. 1. Процесс обмена данными

Для определения вероятностей размножения $p_{R\Sigma}$, т.е. увеличения R_Σ на единицу и гибели $q_{R\Sigma}$, т.е. уменьшения R_Σ на единицу в течение выделенного интервала, введем следующие допущения.

1. В течение отведенного интервала времени передачи данных во входные буферы узлов может поступить не более одного пакета.

2. При возникновении коллизии, когда два или более узлов одновременно пытаются осуществить передачу, отказ в

дальнейшей передаче пакета может произойти не более чем на одном из узлов, вовлеченных в коллизию (вероятность одновременного отказа на двух и более узлах пренебрежимо мала).

При $R_\Sigma = 0$ размножение происходит, когда один из узлов успешно осуществляет передачу в произвольный момент времени, а во время этой передачи в буфер данного или любого другого узла поступает еще один пакет. Длительность этой успешной передачи равна:

$$t_s = t_H + t_D + t_{ACK} + \sum_i t_{di} = \frac{L_H + L_D + L_{ACK}}{V_{tr}} + \sum_i t_{di}, \quad (1)$$

где:

L_H, L_D – длина заголовка и поля данных пакета соответственно;

L_{ACK} – длина кадра подтверждения (ACKnowledgement);

t_{di} – защитные интервалы после передачи кадра подтверждения и успешной передачи собственно пакета данных.

С учетом изложенного выше вероятность размножения при

$$R_\Sigma = 0 \quad p_0 = (1 - e^{-N\lambda t_e})(1 - e^{-N\lambda t_s}),$$

где:

t_e – средняя длительность пустого интервала, на котором ни один узел не осуществляет передачу.

При $R_\Sigma > 0$ размножение происходит при следующих условиях:

- когда новый пакет находит свободное место в буфере;
- при успешной передаче на интервале, предоставленном данному узлу;
- при успешной произвольной передаче;

– на интервале коллизии, в конце которого не происходит отказ в дальнейшей передаче пакета ни на одной из станций, вовлеченных в коллизию.

Гибель имеет место, когда в течение успешной передачи слота или коллизии, приводящей к отказу в дальнейшей передаче пакета, не поступает новый пакет. Следовательно, при $R_\Sigma > 0$:

$$p_{R_\Sigma} = \sum_{n=n_{\min}(R_\Sigma)}^{\min(N, R_\Sigma)} \gamma(n, R_\Sigma) \left\{ [1 - \beta_q^e(n, R_\Sigma)] p_c(n) (1 - e^{-n\lambda_e}) + [1 - \beta_q^f(n, R_\Sigma)] [p_\alpha(n) (1 - e^{-N\lambda_s}) + p_c(n) [1 - \beta(n)] (1 - e^{-N\lambda_c})] \right\}. \quad (2)$$

Здесь $n_{\min}(n, R_\Sigma) = \lfloor (R_\Sigma - 1)/B \rfloor + 1$

где: $\lfloor \cdot \rfloor$ — целая часть числа;

$\gamma(n, R_\Sigma)$ — вероятность наличия n активных станций при условии, что сумма длины очередей в начале интервала равна R_Σ ;

$\beta_q^e(n, R_\Sigma)$ и $\beta_q^f(n, R_\Sigma)$ — вероятность потери из-за переполнения буфера, в который поступает новый пакет, при данных n и R_Σ .

Эти вероятности различны для пустого интервала (β_q^e) и для остальных интервалов β_q^f , так как по определению в течение пустого интервала пакеты могут поступать только в буферы активных станций. Кроме того, очевидно,

$$\pi(R_\Sigma) = \pi(0) \prod_{i=1}^N \frac{p_{i-1}}{q_i}; \quad \pi(0) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{NR} \prod_{i=1}^N \frac{p_{i-1}}{q_i}}. \quad (3)$$

Для оценки вероятностей $\gamma(n, R_\Sigma)$ и $\beta(n, R_\Sigma)$ примем следующее допущение. Пусть суммарное число R_Σ пакетов, находящихся в очередях станций сети, больше нуля. Тогда все варианты

что эти вероятности равны 0 при $R_\Sigma < n + B - 1$. $\beta(n)$ — вероятность отказа из-за достижения предельного числа M_r повторных передач при данном числе активных станций; предполагается, что счетчик m_r только одной из станций, участвующих в коллизии, может достичь предела M_r ; $t_c = \frac{L_D}{V} + t_u$ — время коллизии, в которое входит защитный интервал t_u после последней неудачной попытки передачи и, как результат — потери пакета.

Стационарные вероятности $\pi(R_\Sigma)$ состояний данного процесса описываются выражениями:

размещения этих R_Σ пакетов по N буферам узлов сети равновероятны.

Используя это допущение, находим для случая $0 \leq R_\Sigma \leq NR$ и

$$n_{\min}(R_\Sigma) \leq n \leq \min(N, R_\Sigma):$$

$$\gamma(n, R_\Sigma) = \frac{1}{g[R_\Sigma, N, R]} C_n^N g[R_\Sigma - n, n, R - 1];$$

$$\beta_q^f(n, R_\Sigma) = \begin{cases} 0, & R_\Sigma < n + R - 1; \\ \beta_q^f(n, R_\Sigma) = \frac{1}{g[R_\Sigma - n, n, R - 1]} \sum_{k=k_{\min}(t, n)}^{K(t, n)} \frac{k}{N} C_k^n g[R_\Sigma - n - k(R - 1), n - k, R - 2], & R_\Sigma \geq n + R - 1 \end{cases}. \quad (4)$$

$\beta'_i(n, R_\Sigma)$ определяется аналогично путем замены $\frac{k}{N}$ на $\frac{k}{n}$ в выражении (4).

Здесь $C_n^N = \frac{N!}{(N-n)!n!}$, а $g[u, v, K]$ – число вариантов, которыми можно разместить u неразличимых шаров по v урнам так, что в любой урне было бы не более K шаров [7];

$$k_{\min}(R_\Sigma, n) = \max[1, R_\Sigma - n(R-1)],$$

а $k(R_\Sigma, n)$ – наибольшее целое, не превышающее отношения $\frac{R_\Sigma - n}{R-1}$.

Функция $g[u, v, K]$ вычисляется рекурсивно: $g[0, v, K] = 1$ при всех $v \geq 0$, $g[u, 1, K] = 1$ при $u \leq K$ и $g[u, 1, M] = 0$ при $u > K$;

$$g[u, v, K] = \sum_{k=0}^{\min(u, K)} g[u-k, v-1, K] \text{ и } \forall v \geq 2, u > 0.$$

Для нахождения вероятности отказа $\beta(n)$ в доступе к узлу примем такое допущение. Пусть в начале данного временного интервала число активных станций равно n . Тогда для любой из этих станций вероятность $\rho(n)$ начала разрешенной передачи, а также вероятность отказа $\beta(n)$ в случае коллизии в этом интервале совпадают с соответствующими значениями,

$$E[w] = \left\{ \sum_{i=1}^m \chi^{i-1} w_i + w_m \sum_{i=m}^{M_r-1} (i-m+2) \chi^i + \frac{(M_r - m + 1) w_m \chi^{M_r} - w_0}{1 - \chi} \right\} \frac{(1 - \chi)^2}{1 - \chi^{M_r}} \quad (8)$$

при $M_r > m$.

Результаты моделирования

В качестве основного показателя производительности выбрана вероятность отказа в общем доступе. Для исследования влияния помех на вероятность отказа с использованием математической модели, разработанной в

полученными для сети, включающей в себя n постоянно активных узлов. Остальные $N - n$ узлов в этой сети могут передавать только произвольно при условии, что ни с одного из активных узлов передача не происходит. Если пакет поступает в буфер одного из $N - n$ неактивных узлов в момент передачи любого из активных узлов, то этот пакет теряется.

Вероятность того, что текущая разрешенная попытка неудачна из-за коллизии, равна:

$$\chi(n) = 1 - [1 - \tau(n)]^{n-1}, \quad (5)$$

а вероятность того, что данная неудача – m -я по счету, равна $\beta_m(n) = [\chi(n)]^{m-1}$.

Следуя Д. Линдли [4, 8], пренебрегая вероятностью коллизии более чем двух станций и вероятностью одновременного отказа на нескольких станциях, получаем следующие вероятности отказа:

$$\beta(n) = 2\beta_m(n). \quad (6)$$

Значение $\rho(n)$ находится путем решения системы уравнений вида

$$\rho(n) = \frac{2}{E[\zeta] + 1}, \quad (7)$$

где:

$$E[\zeta] = \left\{ \sum_{i=1}^m \chi^{i-1} w_i + \frac{\chi^m w_m - w_0}{1 - \chi} \right\} \frac{(1 - \chi)^m}{1 - \chi^m} -$$

среднее значение размера конкурентного интервала в случае $M_r \leq m$ и

предыдущем разделе, выбрано предельное число неудачных попыток передачи коротких пакетов. Длина пакета постоянна и не превышает (в среднем) 0,1 длины разрешенного интервала передачи. При таких исходных данных зависимости влияния помех являются наиболее наглядными и носят общий характер.

В табл. 1 приведены некоторые численные параметры модели.

Таблица 1. Численные параметры модели

Максимальный объем буферной памяти R	16
Длительность пустого интервала t_e , мкс	20
Длительность защитного интервала t_{d1} после отправки кадра подтверждения АСК, мкс	10
Длительность защитного интервала t_{d2} после успешной передачи пакета, мкс	50
Длительность защитного интервала t_{d3} после неудачной попытки передачи, мкс	364
Длина заголовка пакета t_H , мкс	227
Скорость передачи V , бит/с	$11 \cdot 10^6$
Длина t_{RTS} , служебного кадра запроса, мкс	207
Длина $t_{\bar{RTS}}$, служебного кадра подтверждения, мкс	202
Минимальный размер W_0 окна конкуренции	32
Максимальный размер W_{max} окна конкуренции	1024
Число попыток передачи m	7

На рис. 2 изображены расчетные зависимости вероятности отказа в доступе к узлу от величины относительной интенсивности помех. Вероятность отказа

возрастает как при повышении интенсивности потока пакетов, так и при увеличении интенсивности помех.

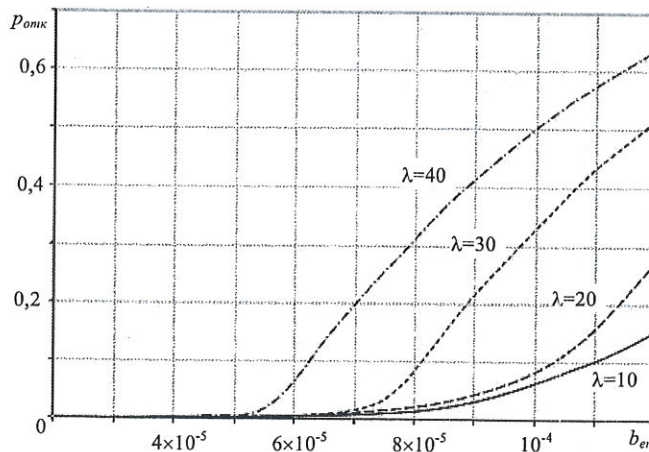


Рис. 2. Зависимость вероятности отказа в доступе $P_{отк}$ от относительной интенсивности помех b_{er} . Число узлов сети $N = 10$, максимальное число повторных попыток передачи $m = 7$.

Для сравнения приведем зависимости вероятности отказа в доступе к обслуживанию при разных значениях m (см. рис.3). При оптимальном выборе числа попыток повторной передачи

удается снизить вероятность отказа. Особенно заметный выигрыш имеет место при малой суммарной нагрузке на сеть и малом относительном уровне помех.

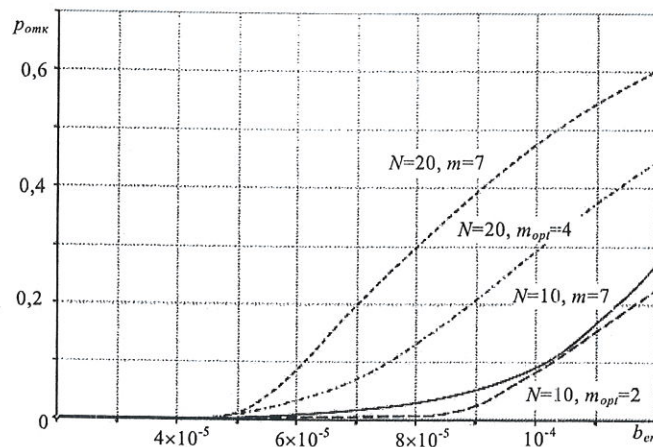


Рис. 3. Залежності ймовірності відмови в доступі $p_{отк}$ від відносної інтенсивності поємк b_{er} для різних N . Варіанти вибору спроб передачі $m=7$ і $m = m_{opt}$

Таким образом, необходимо выбирать параметры специализированной беспроводной сети на основе результатов анализа ее архитектуры. В частности, при определении количества попыток передачи необходимо учитывать объем (число узлов) сети, нагрузку на сеть и помеховую обстановку в зоне действия сети.

Заключение

В работе проанализированы математические модели и методы эффективной пересылки данных в специализированной беспроводной сети. Сделан обоснованный вывод о зависимости эксплуатационных характеристик сети от ее структуры, объема и уровня помех. Исследования данной проблемы целесообразно продолжить в направлении разработки алгоритмов управления качеством функционирования сетей с адаптацией к совокупности внешних и внутренних факторов. Это, по существу, задача многокритериальной оптимизации с противоречивыми критериями. Понятийный и математический аппарат для решения задач такого рода достаточно развит.

Литература

1. Виноградов Н.А., Дрововозов В.И., Лесная Н.Н., Зембицкая А.С. Анализ нагрузки на сети передачи данных в

системах критичного применения // Зв'язок. – 2006. – №1. – С. 9-12.

2. Виноградов Н.А. Процессы и потоки в сетях // Материалы II международной научно-технической конференции «Компьютерные системы и сетевые технологии». – К.: НАУ, 2008. – С. 25.

3. Виноградов Н.А., Савченко А.С., Колесник Е.В. Методы расчета полезной пропускной способности в условиях меняющейся нагрузки // Материалы II международной научно-технической конференции «Компьютерные системы и сетевые технологии». – К.: НАУ, 2008. – С. 24.

4. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987. – 336 с.

5. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. – М.: Сов. радио, 1977. – 488 с.

6. Клейнрок Л. Коммуникационные сети (стохастические потоки и задержки сообщений): Пер. с англ. – М.: Наука, 1970. – 256 с.

7. Дунин-Барковский И.В., Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике. – М.: Наука, 1965. – 511 с.

8. Lindley D.V. The theory of queues with a single server // Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. – 1952. – V.48, Nr. 2. – P. 277-289.