

НАУЧНЫЙ СОВЕТ АН СССР ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПРОБЛЕМЕ
«КИБЕРНЕТИКА»

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ
АН СССР

ПЯТНАДЦАТАЯ ВСЕСОЮЗНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ СЕТЯМ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Часть II

- Секция 3. Методы обеспечения помехоустойчивости и надежности информационно-вычислительных сетей.
- Секция 4. Методы формализованного описания верификации, анализа и реализации протоколов. Программные средства реализации верхних уровней в информационно-вычислительных системах.
- Секция 5. Методы управления в сетевых системах.

МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

1990

Секция 3. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И
НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

В.Л.Геурков, В.Н.Дынькин (Тбилиси, Москва). Диагностирование локальных сетей с помощью ЛО-кодов	3
Л.Ф.Мигулин, Е.В.Федосова, Г.К.Храмешин (Москва). Процедуры HDLC : за и против. Незащищенный расширенный дискретный канал связи	7
В.А.Зеленцов, В.А.Заславский, С.В.Волкович, О.В.Франчук (Ленинград, Киев). Эффективный алгоритм планирования технического обслуживания сети	13
Г.П.Захаренко, В.А.Зеленцов, А.С.Ефремов, В.В.Чиж (Ленинград, Минск). Иерархическая модель для определения параметров системы технического обслуживания и ремонта сети	18
А.В.Суздальев, О.А.Марютин (Ленинград). Восстановление автоматической сети передачи данных при неординарном потоке отказов	24
Г.Н.Устинов (Москва). Оценка гарантированной верности передаваемых сообщений при использовании псевдостochastic преобразования на уровне канала связи...	29
В.Х.Хацкевич, М.Н.Имнадзе (Тбилиси). Двухступенчатые непозиционные числовые представления для информационно-вычислительных систем	34
А.Н.Бабушкин (Ленинград). Обеспечение надежности распределенной системы гибкой автоматизации производства	37
С.И.Баглюк, В.А.Смагин (Ленинград). О повышении надежности программного обеспечения информационно-вычислительных сетей	43
А.А.Большаков, С.П.Присяжнюк (Ленинград). Достоверность контроля состояния сети обмена данными	47
Ю.В.Глуховец, В.А.Талалаев, В.В.Чернов (Полтава, Ленинград). Обобщенный градиентный способ введения избыточности в структуру сложных информационных систем...	53

Б.М.Злотник, П.Б.Злотник, А.В.Лобанов, Л.Н.Себекин (Москва). Передача данных в сети радиолокационных станций	57
В.В.Золотарев (Москва). О декодировании вблизи пропускной способности канала	62
В.А.Лапицкий, А.Н.Семалко (Минск). Методы обеспечения и оценки безопасности вычислительных сетей на физическом уровне	68
С.Б.Мартынов (Москва). Контроль нештатных событий в узлах коммутации	74
С.В.Микони, П.П.Платонов (Ленинград). Автоматизация синтеза и анализа сетевых методов отказоустойчивых вычислений	80
В.И.Мирошников, И.В.Ярмолович (Ленинград). Усовершенствованный блочно-полиномиальный метод расчета структурной надежности сетей различного типа	86.
Э.У.Рахматкариев, Ю.Р.Каценович (Ташкент). Оптимизация времени выполнения программ при реализации метода поэтапного восстановления	91
Г.Г.Ревазишвили, В.Х.Хачкевич (Тбилиси). Корректирующие возможности одной модификации избыточных непоозиционных числовых представлений	97
А.П.Романов (Ленинград). Структурное резервирование в кольцевых локальных сетях	100
Р.Н.Сванишвили (Тбилиси). Метод защиты многопозиционных сигналов для информационно-вычислительных сетей.....	106
С.Р.Убайдуллаев (Ташкент). Метод оценки эффективности информационной системы с учетом аппаратурной надежности	110
А.Р.Чачанашвили, В.Л.Геурков (Тбилиси). Помехоустойчивая локальная сеть для АСУ АЭС	115

Секция 4. МЕТОДЫ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ ВЕРИФИКАЦИИ,
АНАЛИЗА И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОТОКОЛОВ. ПРОГРАММНЫЕ
СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ВЕРХНИХ УРОВНЕЙ В
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Л.Ф.Жигулин, Е.В.Федосова, С.В.Барышникова (Москва). Применение различных протоколов канального уровня в сетях передачи данных	119
С.С.Зайцев, М.И.Кравцунов, Е.С.Кравцунова, И.В.Тарасенко (Москва). Многопроцессорный монитор сетевого про- граммного обеспечения "Архитектор" вычислительной сети ДВЖ "Эльбрус"	125
М.В.Кузнецов (Москва). Автоматизация ввода и синтакси- ческого контроля спецификаций протоколов на языке LOTOS	131
Ю.И.Роганов, М.В.Кузнецов (Москва). Комплекс средств автоматизации анализа спецификаций протоколов, на- писанных на языке LOTOS	136
С.И.Самойленко, С.В.Сабельникова (Москва). Оценка эф- фективности использования прямой коррекции ошибок в транспортных протоколах	140
Л.М.Ухлинов (Москва). Концепции построения протоколов распределения ключей защиты данных для организации группового взаимодействия абонентов в вычислитель- ных сетях	145
Л.И.Абросимов, Д.Турлей (Москва). Формализация описания протоколов взаимодействия процессов для анализа се- тевой архитектуры	150
В.В.Бельченко, Н.Б.Солонина (Ленинград, Москва). Сред- ства построения распределенных функциональных сис- тем	156
В.И.Бреусов (Москва). Диалого-графическое построение и анализ сетевых формальных моделей протоколов обмен на данными	162
Л.И.Брусиловский, Ю.Л.Давыдов (Москва). Сравнительная оценка протоколов средних уровней для локальных се- тей с межсетевым взаимодействием	168
А. И.Гусева (Москва). Язык формального описания про-	

токольных объектов на основе сетевых моделей	174
Н.Б.Дерябин, А.И.Илюшин, Н.Ю.Клепиков (Москва). Органи- зация взаимодействия прикладных задач в сети РУСЛАН....	179
С.С.Зайцев, М.И.Кравцунов, Е.Б.Синицына, О.Г.Чеканова (Москва). Метод адаптации терминалов к сетевой архи- тектуре МБК "Эльбрус"	185
Ю.В.Кулаков, А.Н.Николаев (Москва). Проверка корректности процедур протокола второго уровня на языке программиро- вания параллельный ПАСКАЛЬ	191
Г.И.Пранявичюс, А.В.Хмелюскас (Каунас). Язык специфика- ции протоколов ESTELLE/AG	197
Г.И.Пранявичюс, В.К.Пилкаускас, Н.Ю.Листопадский, Л.В.Бут- кус (Каунас). Система автоматизированной валидации и имитационного моделирования протоколов, использующая единый язык спецификации ESTELLE/AG	202
И.Ю.Роганов (Москва). Анализ общих свойств корректности протоколов в процессе интерпретации их спецификаций на языке LOTOS	208
Р.Л.Смелянский, Е.С.Фурман (Москва, Калининград). Приме- нение объектно-ориентированного подхода к построению операционной среды для сетевых станций с высоким уровнем сервиса	213
Т.М.Сутормина (Москва). Принципы построения сетевой интегрированной службы ВОС	219
Т.М.Сутормина, С.И.Жуков (Москва). Принципы реализации сервисного элемента управления ассоциацией в составе интегрированной сетевой службы ВОС	225
И.В.Тарасенко (Москва). Язык ОСА. Описание контекстов....	231

Секция 5. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В СЕТЕВЫХ СИСТЕМАХ

О.И.Буянов, Ю.А.Стародубцев (Ленинград). Управление пото- ками и ограничение нагрузки на сетевом уровне ISDN с коммутацией пакетов	235
А.Н.Дудин, А.В.Марков (Минск). Расчет характеристик сис- темы массового обслуживания, функционирующей в полу- марковской циклической случайной среде	241
Е.И.Михайленко (Ленинград) Управление межсетевым пото- ком	247

С.В.Назаров, А.В.Дуговец (Москва). Оптимизация обработки запросов к распределенным базам данных ЛВС	252
Л.А.Шарейко, А.В.Корчемный, Д.Ю.Купчинецкий (Винница). Математическая модель для оптимизации управления потоками в вычислительных сетях	259
Г.Н.Гарус (Москва). Планирование выполнения комплекса задач в ЛВС	264
В.Э.Жигadlo, Ю.П.Колесников (Ленинград). Петлеобразование в больших сетях передачи данных с иерархической маршрутизацией	270
И.А.Жуклинец (Ленинград). Зондовое управление канальными ресурсами сетей с переменной структурой на базе локальных алгоритмов	274
В.П.Ильин, О.И.Кутузов, С.О.Макавеев, М.И.Смирнов (Ленинград). Разработка алгоритмического и программного обеспечения маршрутизации в больших информационных сетях	279
М.Ф.Иценко (Ленинград). Задачи управления сетями передачи данных с переменной структурой	283
Ю.К.Козлов (Москва). Адаптивный алгоритм маршрутизации ..	287
С.П.Суценок (Томск). Влияние длительности сквозного таймаута на задержку пакета в многозвенном виртуальном канале	292
Л.А.Шарейко, В.С.Петрунин (Винница). К задаче выбора рациональных маршрутов базовой сети	298
С.В.Назаров, В.А.Батраков (Москва). Оценка эффективности и оптимизация организации рассылки служебной информации в вычислительных сетях	304

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СКВОЗНОГО ТАЙМ-АУТА
НА ЗАДЕЖКУ ПАКЕТА В МНОГОЗВЕННОМ ВИРТУАЛЬНОМ КАНАЛЕ

С. П. Сущенко
(Томск)

Одним из наиболее значимых показателей качества обслуживания абонентов сети ЭВМ является сквозная задержка информации пользователя в виртуальном канале. Важным аспектом эффективной организации процесса транспортировки данных является вопрос выбора длительности тайм-аута ожидания подтверждения на сквозную доставку информации удаленным абонентам. Известные подходы [1,2] к решению этой проблемы позволяют изучать влияние длительности тайм-аута приема квитанции на операционные характеристики процесса передачи данных при заданных распределениях времени переноса информационных пакетов и подтверждений между корреспондирующими абонентами. При этом явно не учитывается специфика сквозной транспортировки по многозвенному виртуальному соединению и вопрос адекватности задаваемых распределений реальному процессу передачи данных не рассматривается и остается открытым. В данной работе предложен подход к построению распределения времени передачи информационного пакета в виртуальном канале с искажениями, на основе которого проводится анализ влияния длительности тайм-аута приема квитанции на операционные характеристики процесса транспортировки данных.

Рассматривается многозвенное виртуальное соединение длины D , выраженной в количестве межузловых связей. Предполагается, что каждое звено виртуального соединения управляется стартовой процедурой обмена [2] и имеет одинаковые длительности цикла передачи пакета t от начала вывода его в линию связи

до момента получения квитанции. С вероятностью $R_d, d = \overline{1, D}$ в каждом звене происходит искажение информационных пакетов и согласно управляющей процедуре осуществляется их повторная передача. Считается, что число повторных передач неограничено. Тогда время безошибочной передачи пакета по d -му межузловому соединению является случайной величиной, кратной длительности цикла t и распределенной по геометрическому закону с параметром $1 - R_d$. Предполагается также, что отправка пакета на каждом участке виртуального соединения начинается только после того, как он без искажений был передан по предыдущему участку пути. Считается, что сквозная транспортировка данных организована следующим образом. На передачу пакета удаленному адресату и получение от него ответной квитанции выделяется тайм-аут длительностью n интервалов размера t . При неполучении квитанции за время тайм-аута отправитель организует повторную передачу. Количество сквозных повторных передач также полагается неограниченным.

Найдем вероятность сквозной передачи информационного пакета $P_D(k)$ по виртуальному соединению длины D ровно за интервалов длительности t . Очевидно, что число интервалов должно удовлетворять условию $k > = D$. Пусть $D = I$. Тогда $P_I(k) = (1 - R)R^{k-I}$. При $D = 2$ функция вероятностей задается следующим соотношением:

$$P_2(k) = (1 - R_1)(1 - R_2) \sum_{i=0}^{k-2} R_1^i R_2^{k-2-i} = (1 - R_1)(1 - R_2) \left[\frac{R_1^{k-1}}{R_1 - R_2} + \frac{R_2^{k-1}}{R_1 - R_2} \right].$$

Если $D = 3$, то искомая вероятность $P_3(k)$ принимает вид:

$$P_3(k) = (1 - R_1)(1 - R_2)(1 - R_3) \sum_{i=0}^{k-2} R_1^i \sum_{j=0}^{k-2-i} R_2^j R_3^{k-2-i-j} = (1 - R_1)(1 - R_2)(1 - R_3) \left[\frac{R_1^{k-1}}{(R_1 - R_2)(R_1 - R_3)} + \frac{R_2^{k-1}}{(R_1 - R_2)(R_1 - R_3)} + \frac{R_3^{k-1}}{(R_2 - R_1)(R_3 - R_2)} \right].$$

Для произвольного D функция вероятностей определится следующим образом:

$$P_D(k) = \prod_{d=1}^D (1 - R_d) \sum_{d_1=0}^{s_1} R_{d_1} \dots \sum_{d_{D-2}=0}^{s_{D-2}} R_{d_{D-2}} \sum_{d_{D-1}=0}^{s_{D-1}} R_{d_{D-1}} R_{d_D}, \quad S_d = k - D - \sum_{i=1}^{d-1} d_i(1)$$

Последовательно выполняя суммирование в данном соотношении, получаем:

$$P_D(k) = \prod_{d=1}^D (1 - R_d) \sum_{d=1}^D R_d^{k-1} / \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq d}}^D (R_d - R_i). \quad (2)$$

Отсюда при $K=D$ приходим к ожидаемому результату: $P_D(D) = \prod_{d=1}^D (1-R_d)$.
 Во многих практических случаях для виртуального соединения выполняется равенство $R_d = R$, $d = \overline{1, D}$, свидетельствующее о статистической однородности искажений в различных звеньях тракта передачи данных. При данном условии в выражении (2) возникает неопределенность вида $0/0$. Для получения значений $P_D(k)$ здесь необходимо выполнить $(D-1)!$ достаточно трудоемких операций раскрытия неопределенности. Найдем $P_D(k)$ из определения (1):

$$P_D(k) = (1-R)^D R^{k-D} \sum_{d=1}^k \sum_{d_1=0}^{d-1} \dots \sum_{d_{D-1}=0}^{d_{D-2}-1}$$

Используя соотношение для суммы вида [3] $\sum_{k=1}^n \prod_{l=0}^m (k+l) = \frac{1}{m+2} \prod_{i=0}^{m+1} (n+i)$,
 отсюда получаем:

$$P_D(k) = \binom{k-1}{D-1} (1-R)^D R^{k-D} \quad (3)$$

Данную зависимость можно переписать в рекуррентном виде:

$$P_{D+1}(k) = P_D(k) \frac{(k-D)(1-R)}{DR}, \quad P_D(k+1) = P_D(k) \frac{kR}{k-D+1}.$$

Нетрудно видеть, что при $R=0$ функция вероятностей (3) преобразуется к: $P_D(D) = 1$; $P_D(k) = 0, k > D$.

Важным операционным параметром виртуального соединения является вероятность сквозной передачи пакета за заданное время тайм-аута:

$$P_D = \sum_{k=D}^n P_D(k). \quad (4)$$

Для статистически неоднородного виртуального канала ($R_i \neq R_j, i, j = \overline{1, D}, i \neq j$) вероятность P_D с учетом (2) принимает вид:

$$P_D = \sum_{d=1}^D (R_d^{D-1} - R_d^n) \prod_{j=1}^D \frac{1-R_j}{R_d-R_j}.$$

Найдем зависимость P_D от параметров статистически однородного виртуального канала. Используя соотношения для сумм вида $\sum_{k=0}^n k^s x^k$,

$S = 0, 3$ [3], из определения (4) с учетом (3) при $D = \overline{1, 4}$ имеем:

$$P_1 = 1 - R^n;$$

$$P_2 = 1 - R^n - nR^{n-1}(1-R);$$

$$P_3 = 1 - R^n - nR^{n-1}(1-R) - \frac{n(n-1)}{2} R^{n-2}(1-R)^2;$$

$$P_4 = 1 - R^n - nR^{n-1}(1-R) - \frac{n(n-1)}{2} R^{n-2}(1-R)^2 - \frac{n(n-1)(n-2)}{2 \cdot 3} R^{n-3}(1-R)^3.$$

Отсюда нетрудно видеть, что для произвольного D значения P_D необходимо искать в виде:

$$P_D = P_{D-1} - K_D \prod_{i=0}^{D-2} (n-i) R^{n-D+1} (1-R)^{D-1}, \quad P_0 = 1, \quad (5)$$

где K_D - неизвестный коэффициент. Если $n = D$, то по определению

(4) $P_D = (1-R)^D$. С другой стороны, согласно (5) получаем:

$$(1-R)^D = 1 - \sum_{d=0}^{D-1} K_{d+1} \left[\prod_{i=0}^{d-1} (D-i) \right] R^{D-d} (1-R)^d.$$

Данное равенство становится тождественным только в том случае, если сомножители при степенях R и $1-R$ являются коэффициентами бинома Ньютона степени D . Тогда $K_d = 1/(d-1)!$, и соотношение для P_D можно записать следующим образом:

$$P_D = 1 - \sum_{d=0}^{D-1} \binom{n}{d} R^{n-d} (1-R)^d.$$

Теперь найдем среднее время передачи пакета до абонента при заданной длительности тайм-аута :

$$N_D = \frac{\sum_{k=0}^n k P_D(k)}{\sum_{k=0}^n P_D(k)}.$$

Для статистически неоднородного тракта передачи данных данное определение переписывается в виде:

$$N_D = P_D^{-1} \prod_{d=1}^D (1-R_d) \sum_{d=1}^D \left[\prod_{i=1}^d (R_d - R_i) \right] \sum_{k=D}^n k R_d^{k-1}.$$

Выполняя подстановку $I = k - D$ и используя выражение для конечной суммы арифметико-геометрической прогрессии, отсюда получаем:

$$N_D = \frac{1}{P_D} \sum_{d=1}^D \left[D R_d^{D-1} - (D-1) R_d^D - (n+1) R_d^n + n R_d^{n+1} \right] \frac{1}{1-R_d} \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq d}}^D \frac{1-R_i}{R_d - R_i}.$$

При $n = D$ данное соотношение, как и следовало ожидать, принимает значение $N_D = D$.

Найдем величину N_D для статистически однородного тракта передачи данных: $N_D = n_D / P_D$, где $n_D = \sum_{k=0}^n k P_D(k) = D \left(\frac{1-R}{R} \right)^D \sum_{k=0}^n R^k \binom{n}{k}$. При $D = 1, 3$ данное соотношение принимает вид:

$$n_1 = \frac{1}{1-R} \left[1 - R^{n+1} - (n+1)(1-R)R^n \right];$$

$$n_2 = \frac{2}{1-R} \left[1 - R^{n+1} - (n+1)(1-R)R^n - \frac{(n+1)n}{2} (1-R)^2 R^{n-1} \right];$$

$$n_3 = \frac{3}{1-R} \left[1 - R^{n+1} - (n+1)(1-R)R^n - \frac{(n+1)n}{2} (1-R)^2 R^{n-1} - \frac{(n+1)n(n-1)}{6} (1-R)^3 R^{n-2} \right].$$

Для произвольного D значения n_D будем искать в виде:

$$n_D = \frac{D}{1-R} \left[1 - \sum_{d=0}^D R^{n+1-d} (1-R)^d X_d \prod_{i=0}^{d-1} (n+1-i) \right], \quad (6)$$

где X_d - неизвестные коэффициенты. При $n=D$, $n_D = D(I-R)^D$. С другой стороны в соответствии с (6) имеем:

$$(1-R)^{D+1} = 1 - \sum_{d=0}^D R^{D+1-d} (1-R)^d X_d \prod_{i=0}^{d-1} (D+1-i).$$

Данное равенство обращается в тождество, если X_d дополняют сомножители при степенях R и $1-R$ до биномиальных коэффициентов. Тогда $X_d = 1/d!$ и выражение для N_d можно записать так:

$$N_D = \frac{D}{P_D(1-R)} \left[1 - \sum_{d=0}^D R^{n+1-d} (1-R)^d \binom{n+1}{d} \right].$$

Отсюда видно, что при неограниченной длительности тайм-аута ($n = \infty$), $n_D = D/(1-R)$. Перейдем к анализу сквозной задержке одиночного пакета.

Время элементарного цикла сквозной передачи данных складывается из времени доставки пакета удаленному абоненту и времени получения квитанции отправителем информации. Будем считать, что данные и квитанции переносятся пакетами одного размера, т.е. квитанции переносятся в информационных пакетах встречного потока. Тогда, поскольку при неполучении квитанции за время тайм-аута отправитель передает пакет повторно, а число сквозных повторных передач неограниченно, то средняя сквозная задержка пакета, выраженная в количестве интервалов длительности t , составит:

$$T_D = \sum_{i=1}^{\infty} [(i-1)n + N_{2D}] (1-P_{2D})^{i-1} P_{2D} = \frac{n(1-P_{2D})}{P_{2D}} + N_{2D} \quad (7)$$

Если предположить, что прямой и обратный каналы связи отдельных звеньев тракта передачи данных имеют несовпадающие вероятности искажения пакетов, то данное соотношение можно переписать следующим образом:

$$T_D = \frac{1}{P_{2D}} \left[n - \sum_{i=1}^{2D} \frac{(n-2D)R_i^{2D-1} - (n-(2D-1))R_i^{2D} + R_i^n}{\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{2D} (R_i - R_j)} \right].$$

При $n=2D$, $T_D = 2D / \prod_{d=1}^{2D} (1-R_d)$. Неограниченная длительность тайм-аута ($n = \infty$) дает значение задержки:

$$T_D = 2D + \sum_{d=1}^{2D} \frac{R_d^{2D}}{1-R_d} \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq d}}^{2D} \frac{1-R_i}{R_d - R_i}.$$

Для случая статистически однородного тракта передачи задержка (7) принимает вид:

$$T_D = \frac{1}{P_{2D}(1-R)} \left[2D - \sum_{d=0}^{2D-1} (1-R)^d R^{n-d} (2D-d) \binom{n}{d} \right]$$

Отсюда нетрудно видеть, что $n = 2D$ дает $T_D = 2D / (1-R)$, а $n = \infty$ приводит к $T_D = 2D / (1-R)$.

Анализ показывает, что временной срез процесса сквозной транспортировки одиночного пакета по многосвязному тракту совпадает с передачей мультипакетного сообщения по виртуальному соединению, состоящему из одного участка пере приема. При этом операционные характеристики (функция вероятностей, функция распределения и среднее время доведения до адресата) процесса сквозной доставки пакета по виртуальному соединению длины D и процесса передачи сообщения из $N = D$ пакетов по односвязному виртуальному каналу полностью совпадают. Тогда для средней задержки мультипакетного сообщения при сквозном подтверждении верности его передачи в целом информационными пакетами встречного потока по аналогии с (8) справедливо:

$$T_N = \frac{1}{P_{N+1}(1-R)} \left[N+1 - \sum_{i=0}^N (1-R)^i R^{n-i} (N+1-i) \binom{n}{i} \right].$$

Данная задержка для длительности тайм-аута $n = N + I$, и $n = \infty$ соответственно составит: $T_N = (N + I) / (1-R)$ и $T_N = (N + I) / (1-R)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fayolle G., Gelenbe E., Pojolle G. An analytic evaluation of the performance of the "Send and wait" protocol //IEEE Trans. on comm. -1978. -vol.26. N 3, p.313-319.
2. Богуславский Л.Б. Управление потоками данных в сетях ЭВМ. М.: Энергоатомиздат, 1984, - 168с.
3. Прудников А.П., Брычков Ю.П., Маричев О.И. Интегралы и ряды: Элементарные функции. М.: Наука, 1981. - 800с.