

## **СРЕДНИЕ ВРЕМЕНА И ДИСПЕРСИОННЫЕ ОЦЕНКИ ОЖИДАНИЯ В ОЧЕРЕДЯХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ СВЯЗИ**

к.т.н. Г.А. Кучук, Н. Ю. Любченко, к.т.н. А.А. Можаяев  
(представил д.т.н., проф. В.А. Краснобаев)

*Проведен анализ систем сигнализации, используемых в каналах сигнализации мультисервисных телекоммуникационных сетей. Среди большого многообразия параметров, которыми характеризуются показатели качества функционирования сетей, в качестве анализируемых были выбраны временные параметры. Приведены графики функциональной зависимости времен ожидания и их дисперсионной оценки от времени передачи данных для существующих телекоммуникационных сетей при различных методах исправления ошибок.*

**Постановка задачи и анализ литературы.** Широкое внедрение цифровых систем коммутации с программным управлением привело к появлению принципиально нового вида сигнализации, основанного на организации межпроцессорного взаимодействия по специально выделенному каналу, получившему название канала сигнализации. Поскольку этот канал могут совместно использовать несколько источников управляющей информации, он называется общим каналом сигнализации (ОКС) [1 – 3].

Правила взаимодействия по ОКС определяются системой сигнализации (SS). В настоящее время Международным союзом электросвязи (МСЭ) рекомендованы две системы сигнализации по ОКС – SS-6 и SS-7, но широкое распространение получила только система SS-7.

В настоящее время SS-7 представляет собой многоцелевую систему, используемую на телефонных сетях общего пользования между цифровыми АТС различных уровней иерархий сети, на цифровых сетях с интеграцией служб (ЦСИС) – между коммутационными станциями, на мобильных сухопутных сетях общего пользования, например, на сотовых сетях, на интеллектуальных сетях. Важным моментом является применение SS-7 не только внутри каждой из этих сетей, но и для организации их совместной работы и взаимодействия [4, 5]. Поэтому изучение и

улучшение показателей важнейших характеристик трафика сети SS-7 – задержки сигнальных пакетов (значащих сигнальных единиц (ЗСЕ)), является *актуальной* задачей исследований.

**Целью данной статьи** является анализ временных характеристик функционирования реальной сети SS-7, которые можно использовать для повышения показателей качества сети на этапе проектирования и эксплуатации.

**1. Расчетные уравнения.** Основные расчетные соотношения составляют системы уравнений, приведенные в рекомендации ITU-T Q.706 [6]. Эти уравнения могут быть использованы для построения графиков зависимостей задержек в очередях от важнейших параметров трафика (программы были написаны в программной среде MathCad).

Величины задержек, приводимые на графиках, как правило, являются нормированными относительно среднего времени передачи ЗСЕ  $T_m$ , причем

$$D = \frac{Q_0}{T_m},$$

где  $D$  – величина задержки;  $Q_0$  – средняя задержка, вызванная образованием очередей.

Нормированная задержка обозначается на графиках как безразмерная величина, а в случаях, когда величина задержки является ненормированной величиной, то пишется ее размерность (например, мс).

Средняя величина задержек ЗСЕ при основном методе исправления ошибок показана на рис. 1. При этом были выбраны следующие условия:

- среднее время распространения по шлейфу, включая время обработки в оконечном устройстве,  $T_L = 30$  мс;
- среднее время передачи заполняющих сигнальных единиц –  $T_f = 0,75$  мс.

Стандартное отклонение времени задержки ЗСЕ исправления ошибок основным методом представлено на рис. 2 при тех же условиях.

Зависимость задержки ЗСЕ от изменения  $T_m$  при  $a = 0,2$  Эрл и времени передачи ЗСЕ  $T_f = 0,75; 1,5$  и  $3$  мс при основном методе передачи исправления ошибок показана на рис. 3. Зависимости средних задержек и стандартных отклонений задержек для телефонных пользователей, пользователей ISDN и соответствующие им стандартные отклонения, полученные на основе рекомендации Q.706, изображены на рис. 4.

Кривые на рис. 5 построены исходя из следующих условий: 100 % телефонных абонентов при  $k_1 = k_2 = k_3 = 1$ ; 92 % телефонных абонентов

и 8 % абонентов ISDN при  $k_1 = 1$ ;  $k_2 = 1,9$ ;  $k_3 = 3,8$ ;  $T_L = 30$  мс;  $P_u = 10^{-3}$ .

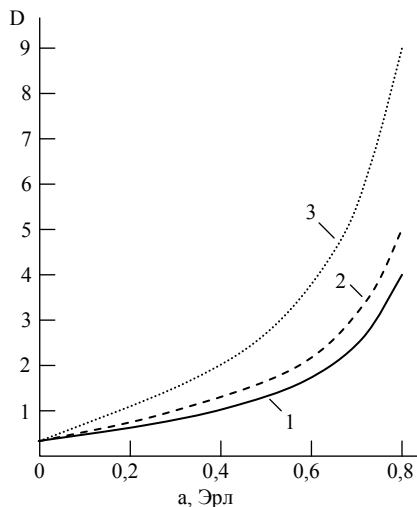


Рис. 1. Зависимость среднего времени задержки ЗСЕ при исправлении ошибки основным методом при  $T_m=1,875$  мс: 1 –  $P_u = 0$ ; 2 –  $P_u = 0,001$ ; 3 –  $P_u = 0,004$

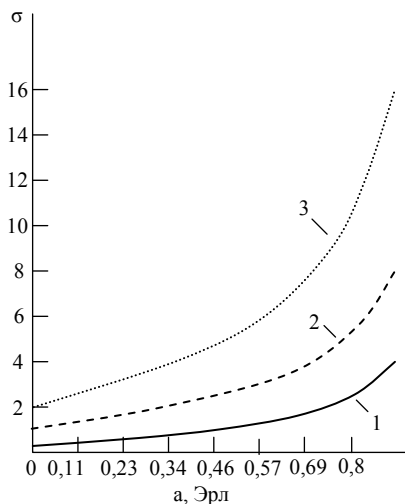


Рис. 2. Зависимость стандартного отклонения задержки ЗСЕ при исправлении ошибки основным методом при  $T_m=1,875$  мс: 1 –  $P_u = 0$ ; 2 –  $P_u = 0,001$ ; 3 –  $P_u = 0,004$

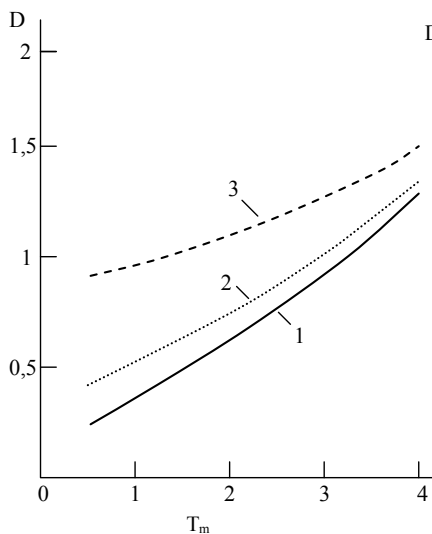


Рис. 3. Зависимость задержки ЗСЕ от  $T_m$  при  $a = 0,2$  Эрл

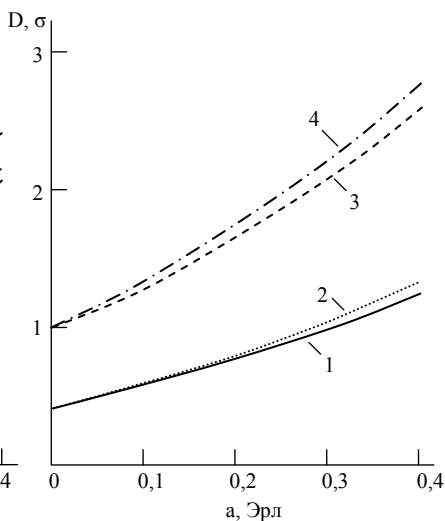


Рис. 4. Зависимость средних задержек и стандартных отклонений задержек для телефонных пользователей (1), пользователей ISDN (2) и соответствующих им стандартные отклонения (3, 4)

**2. Задержки ЗСЕ при превентивном методе исправления ошибок.** Средняя величина задержек ЗСЕ при превентивном методе исправления ошибок существенно отличается от соответствующей характеристики при основном методе исправления ошибок (рис. 6).

Стандартное отклонение от среднего времени задержки ЗСЕ при превентивном методе исправления ошибок (рис. 7) существенно больше аналогичных значений при базовом методе исправления ошибок.

Изменение средней задержки и стандартного отклонения задержки ЗСЕ в рекомендуемом диапазоне изменения нагрузки на звене передачи данных показано на рис. 8.

Сравнение средних значений задержек и значений стандартных отклонений задержек при переходе от только телефонных пользователей к

**3. Расчет сигнальной нагрузки на сети SS-7.** Сигнальную нагрузку на звене сигнализации рекомендуется определять, согласно руководящим техническим материалам по расчету сети ОКС [7].

Сигнальная нагрузка на звено сигнализации от соответствующей подсистемы пользователя определяется:

- числом классов пользователей;
- числом предоставляемых услуг;
- процедурой сигнализации для соответствующих классов пользователей и услуг;
- параметрами сигнальных сообщений (длина, задержка и др.).

Поступающая нагрузка на звено, Эрл, равна

$$A_{\text{link}} = \frac{A_{\text{eff}} + A_{\text{ineff}}}{8000},$$

где

$$A_{\text{eff}} = C_{\text{eff}} M_{\text{eff}} L_{\text{eff}};$$

$$A_{\text{ineff}} = C_{\text{ineff}} M_{\text{ineff}} L_{\text{ineff}};$$

$C_{\text{eff}}$  – число успешных вызовов,  $C_{\text{eff}} = \frac{A(1 - P_{\text{ineff}})}{t_{\text{eff}}}$ ;  $A$  — нагрузка на пучок информационных каналов;  $C_{\text{ineff}}$  — число безуспешных вызовов,

$C_{\text{ineff}} = \frac{AP_{\text{ineff}}}{t_{\text{ineff}}}$ ;  $P_{\text{ineff}}$  – вероятность потерь вызовов на сети коммутации

каналов (КК) из-за внутренних потерь на узлах коммутации и потери на пучках каналов, из-за потерь вызывающей стороны – ошибки набора номера, сбросы и т.д., из-за потерь вызываемой стороны – занято, нет ответа, состояние отключено;  $M_{\text{eff}}$  – среднее число сигнальных единиц,

которыми обмениваются пункты сигнализации при обслуживании удачного вызова;  $L_{\text{eff}}$  – средняя длина, байт, ЗСЕ при удачном вызове;

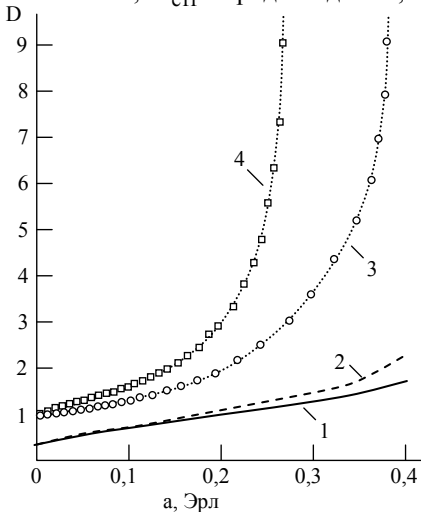


Рис. 5. Зависимость времени задержки ЗСЕ в очереди от изменения нагрузки на звене при исправлении ошибки превентивным методом при  $T_m = 1,875$  мс;  $T_f = 0,75$  мс; 1 –  $T_L = 30$  мс;  $P_u = 10^{-3}$ ; 2 –  $T_L = 30$  мс;  $P_u = 4 \cdot 10^{-3}$ ; 3 –  $T_L = 600$  мс;  $P_u = 10^{-3}$ ; 4 –  $T_L = 600$  мс;  $P_u = 4 \cdot 10^{-3}$

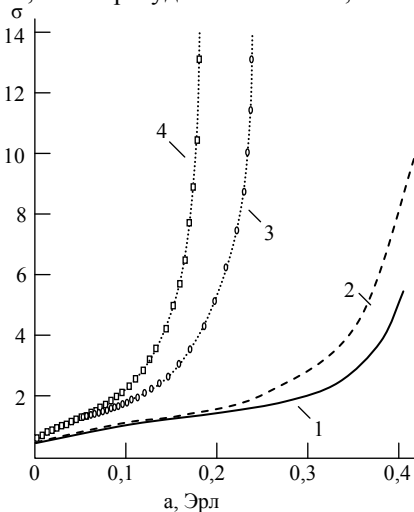


Рис. 6. Зависимость средних задержек для телефонных пользователей (1), пользователей ISDN (2) и соответствующие им стандартные отклонения (3, 4) от изменения нагрузки

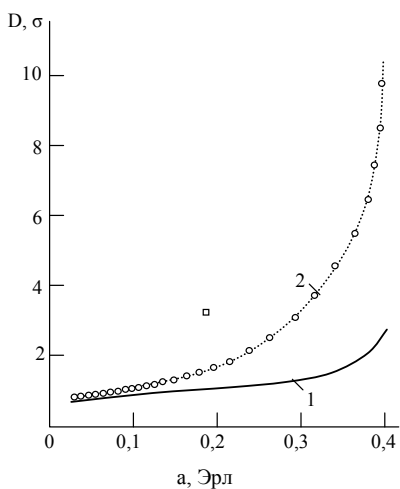


Рис. 7. Изменение средней задержки (1) и стандартного отклонения задержки (2) при превентивном методе передачи ЗСЕ

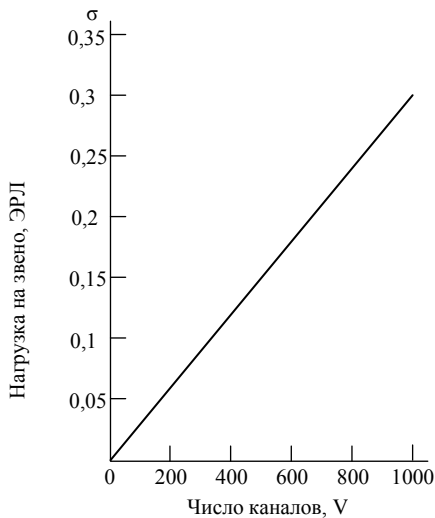
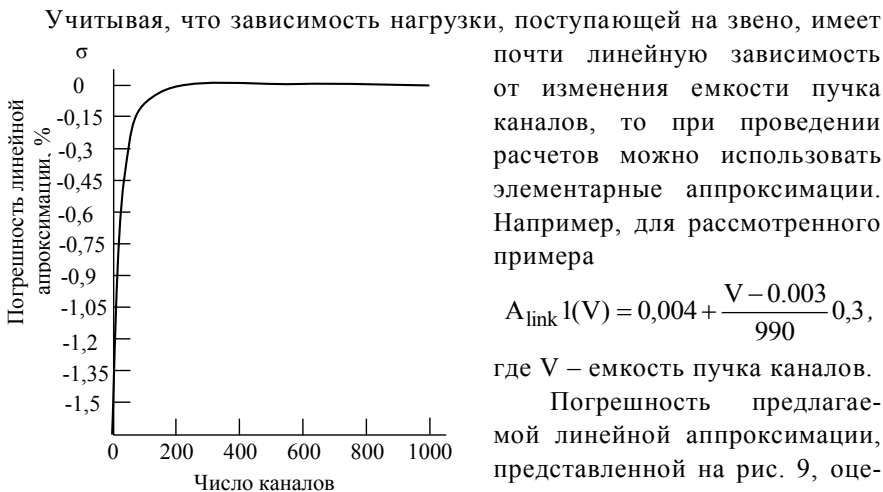


Рис. 8. Зависимость сигнальной нагрузки, поступающей на звено передачи, от изменения емкости пучка каналов в направлении связи

$M_{ineff}$  – среднее число сигнальных единиц, которыми обмениваются пункты сигнализации при обслуживании неудачного вызова;  $L_{ineff}$  – средняя длина, байт, ЗСЕ при неудачном вызове;  $t_{eff}$  – среднее время занятия информационного канала при удачном вызове;  $t_{ineff}$  – среднее время занятия информационного канала при неудачном вызове.

**4. Пример.** Проиллюстрируем применение предложенного подхода на примере. Исходные данные:  $a = 0,8$  Эрл;  $P_{ineff} = 0,2$ ;  $t_{ineff} = 5$  с;  $t_{eff} = 180$  с;  $M_{eff} = 20$ ;  $M_{ineff} = 10$ ;  $L_{ineff} = 5$  байт;  $L_{eff} = 12$  байт.

Результаты расчетов для этих условий представлены на рис. 9.



$$A_{link} l(V) = 0,004 + \frac{V - 0,003}{990} 0,3,$$

где  $V$  – емкость пучка каналов.

Погрешность предлагаемой линейной аппроксимации, представленной на рис. 9, оценивается следующим образом:

$$\xi(V) = \frac{A_{link}(V) - A_{link} l(V)}{A_{link}(V)}.$$

Как следует из графика, погрешность при емкости пучка

Рис. 9. Зависимость относительной ошибки сигнальной нагрузки от изменения емкости пучка каналов в направлении связи

каналов  $V > 10$  составляет менее 1%.

**Выводы.** Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что:

- стандартное отклонение от среднего времени задержки ЗСЕ при превентивном методе исправления ошибок существенно больше аналогичных значений при базовом методе исправления ошибок.

- для набора стандартных условий проектировщик может воспользоваться простыми формулами для определения нагрузки, поступающей на звено сигнализации.

*Дальнейшие исследования* целесообразно посвятить выработке практических рекомендаций по повышению качества функционирования мультисервисных телекоммуникационных сетей, которые основываются на результатах проведенных автором исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Боккер П. ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы / Пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1991. – 376 с.
2. Еришов В.А. Эволюция сетей связи, как основы информационной инфраструктуры // Перспективные средства телекоммуникаций и интегрированные системы связи. Ч.2. Институт проблем передачи информации. РАН. М., 1992. – С. 457 – 461.
3. Dicc N.D., Chew E.K. ISDN protocol architecture // IEEE Commun. mag. – 1985. – 23, N. 3. – P. 15 – 22.
4. Мясцов Б.М., Усков А.Я. Цифровые сети с интеграцией служб – новая эра в развитии электросвязи. – М.: ЭКОС, 1987. – 127 с.
5. Варакин Л.Е. Интеллектуальная сеть: эволюция сетей и услуг связи // Электросвязь. – 1992. – № 1. – С. 2 – 7.
6. Требования к системе сигнализации №7. Рекомендации Q.700 – Q.716. Синяя книга. Том VI. Выпуск VI.7. МККТТ. IX Пленарная Ассамблея. – Мельбурн, 14 – 25 ноября 1988. – 586 с.
7. Руководящий технический материал по расчету сети ОКС №7. 1-я редакция. Госкомитет Российской Федерации по связи и информатизации. М.: ГКРФСИ, 1998. – 220 с.

Надыйшла 30.11.2004

**КУЧУК Георгий Анатольевич**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., начальник научно-исследовательского отдела ХУ ПС. В 1977 году закончил мехмат МГУ. Область научных интересов – обработка информации.

**ЛЮБЧЕНКО Наталья Юрьевна**, научный сотрудник научно-исследовательского отдела информационно-вычислительного центра ХУ ПС. В 1986 году окончила ХПИ. Область научных интересов – оптимизация вычислительных сетей

**МОЖАЄВ Олександр Олександрович**, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр., пров. наук. співр. Харківського університету Повітряних Сил. Область наукових інтересів – керування процесами в інформаційних системах.