

6 *Иванова О. Н. и др.* Управляющие устройства квази-электронных коммутационных систем. – М.: Связь, 1975.

7 *Баркун М. А.* Цифровые автоматические телефонные станции. – Мн.: Выш. школа, 1990.

Получено 20.11.2004

M. S. Kostenok, V. G. Shevchuk, A. M. Demidov. Application of the probability automates by the synthesis of the ASTC (automatic switched telephone communication) network.

The description of the communication system by the automates theory is given. The questions of the probability automates application to synthesis of the automatic switched communication networks elements are considered.

8 *Кудряев В. Б. и др.* Введение в теорию автоматов. – М.: Наука, 1985.

9 *Пашкевич С. Д. и др.* Машинные методы оптимизации в технике связи. – М.: Связь, 1976.

УДК 656.254:621.395.34

Г. И. ЩУПЛЯКОВА, кандидат технических наук, Н. Ф. СЕМЕНЮТА, кандидат технических наук; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ ТРАФИКА ОБЩЕТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ СВЯЗИ

В последние годы произошли значительные изменения в структуре трафика телефонных сетей. На ряду с ростом речевого значительно выросла и доля неречевого трафика. Идёт модернизация сети на современном цифровом технологическом оборудовании. Происходят изменения в экономической сфере. Всё это требует проведения системного анализа телефонных сетей связи общеслужебного пользования с целью выработки стратегии дальнейшего её развития.

Общетеchnологические сети связи (ОбТС) железнодорожного транспорта относятся к ведомственным сетям, и их параметры и характеристики во многих случаях отличаются от аналогичных государственных сетей общего пользования. Основными пользователями сети ОбТС являются руководство управления, отделений и станций дороги и работники, связанные с планированием и управлением перевозочного процесса, а также хозяйства, обеспечивающие эксплуатацию подвижного состава, пути и др. Численное количество пользователей сети, как и нагрузка, зависит от объёма эксплуатационной работы дороги и её подразделений, обеспеченности средствами связи, доступности услуг и др.

Сеть общетеchnологической телефонной связи железной дороги во многом повторяет иерархическую топологию железной дороги с центральным узлом связи в управлении дороги (УД), узлами связи в отделениях дороги (ОУ) и железнодорожных узлах и станциях (СУ).

Для железнодорожной АТС (ЖАТС) при УД характерно соотношение для абонентов административно-хозяйственного сектора и квартирного как 80 и 20 %, для ЖАТС при ОУ – соответственно 64 и 36 %. Для ЖАТС при СУ это соотношение может изменяться в значительных пределах: 60 и 40 % или 87 и 13 %. Но в целом по Белорусской железной дороге, как показывают исследования, для ЖАТС при СУ соотношение абонентов административно-хозяйственного сектора и квартирного составляют соответственно 67 и 33 %.

Интенсивность телефонной нагрузки, создаваемая абонентами ЖАТС, различна в разные часы суток или в одни и те же часы суток, но в разные дни недели. Наблюдениями установлено, что наряду со случайными колебаниями интенсивности нагрузки по часам суток, дням недели и месяцам года существуют и периодические, относительно регулярные их колебания. Из регулярных колебаний интенсивности нагрузки на ОбТС железнодорожного транспорта наиболее значительными являются колебания по дням недели и часам суток. Для количественных оценок неравномерности нагрузки используются соответственно коэффициенты неравномерности и концентрации. Значения коэффициентов суточной неравномерности (КСН) для УД, ОУ и СУ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов суточной неравномерности

День недели	Коэффициент суточной неравномерности для		
	УД	ОУ	СУ
Понедельник	1,31	1,19	1,16
Вторник	1,34	1,15	1,05
Среда	1,35	1,15	1,10
Четверг	1,31	1,11	1,08
Пятница	1,35	1,09	1,10
Суббота	0,18	0,63	0,76
Воскресенье	0,16	0,68	0,75

По приведенным значениям КСН четко просматривается режим работы подразделений на всех уровнях управления по дням недели. Для узлов связи при отделениях и станциях в течение недели

наблюдается более равномерное распределение по сравнению с узлом УД. Для всех узлов ОБТС железной дороги днями наименьшей нагрузки являются суббота и воскресенье. Данный характер является довольно стабильным, что хорошо видно из рисунка 1.

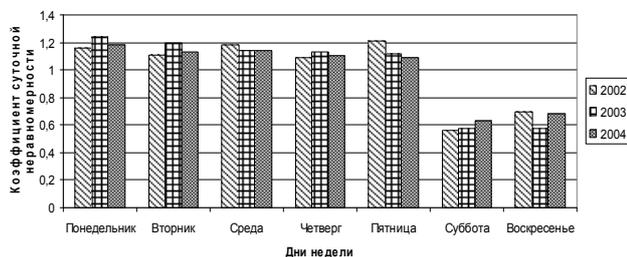


Рисунок 1 – Распределение коэффициентов суточной неравномерности нагрузки за 2002–2004 гг. для ЖАТС при отделении дороги

Колебания нагрузки по часам суток также имеют определённые закономерности возрастания и убывания её интенсивности и, примерно, идентичны для ОБТС железнодорожного транспорта всех иерархических уровней. Имеют место два явно выраженных периода повышенной нагрузки: первый – с 9 до 12 ч, второй – с 14 до 17 ч. В вечерние часы суток наблюдается некоторое повышение интенсивности нагрузки с 20 до 22 ч. Такое распределение нагрузки в течение суток обусловлено тем, что большая часть абонентов сети – это административные работники железной дороги, рабочий день которых заканчивается в 17 ч. Увеличение нагрузки в вечерние часы связано с тем, что в станции коммутации включён квартирный сектор (рисунок 2).

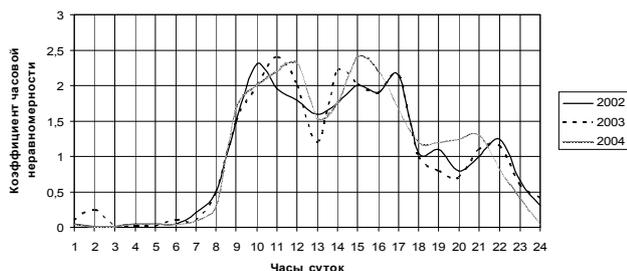


Рисунок 2 – Распределения коэффициентов часовой неравномерности нагрузки в день наибольшей нагрузки за 2002–2004 гг. для ЖАТС при отделении дороги

Для удовлетворительного качества обслуживания абонентов в любое время суток расчёт объёма оборудования необходимо выполнять исходя из значения интенсивности в час наибольшей нагрузки (ЧНН). Степень концентрации нагрузки в ЧНН оценивается коэффициентом концентрации нагрузки КЧНН. Величина КЧНН в основном зависит от структурного состава абонентов и рекомендуется в пределах 0,09...0,15. Чтобы объём оборудования был минимальным и нагрузка его – рав-

номерной, величина КЧНН должна быть как можно меньше.

Как показывают статистические данные, по нагрузке ЖАТС с наибольшей вероятностью ЧНН приходится на первый период повышенной нагрузки, т. е. с 9 до 12 ч. Значения КЧНН приведены в таблице 2, и, как видно, они укладываются в рекомендуемые пределы.

Таблица 2 – Значения коэффициентов концентрации нагрузки

Узел связи	Значение коэффициента концентрации нагрузки в ЧНН
УД	0,12
ОУ	0,10
СУ	0,08

Одним из параметров при расчёте интенсивности нагрузки является время средней длительности занятия приборов ЖАТС. Под длительностью одного занятия понимается промежуток времени с момента занятия абонентской линии (снятия микрофона) до момента возвращения приборов станции, занятых в обслуживании вызова, в исходное состояние. Средняя длительность занятия также является случайной величиной, и её колебания наблюдаются как по дням недели, так и по часам суток. В течение суток средняя длительность занятия постоянно увеличивается и достигает максимума в вечернее время. В выходные дни средняя длительность занятия также увеличивается. Это обусловлено опять же наличием абонентов квартирного сектора.

Как показали исследования, длительность зависит в основном от действий абонентов, частично от систем ЖАТС, и её среднее значение может быть определено только на основании результатов наблюдений на действующих сетях.

Длительность занятия представляет собой сумму нескольких случайных величин и зависит от того, как протекает процесс обслуживания (состоялся разговор, занят абонент, отсутствует абонент, ошибка набора). Отсюда следует, что функция распределения длительности занятия зависит от многих факторов.

Если n – число способов, по которым может протекать процесс обслуживания вызовов, a_i – вероятность того, что процесс обслуживания идет по i -му способу, $H_i(x)$ – функция распределения длительности занятия при условии, что обслуживание идет по i -му способу, то по формуле полной вероятности безусловная функция распределения длительности занятия

$$H(x) = \sum_{i=1}^n a_i H_i(x).$$

Так как при каждом варианте протекания процесса обслуживания длительность занятия есть сумма нескольких временных составляющих, то любая из функций распределения длительности есть функция распределения суммы нескольких случайных величин. Эти случайные величины мало зависят друг от друга, и составляющие функции можно считать функциями распределения двух независимых величин.

Если каждое из слагаемых распределено по одинаковому экспоненциальному закону, то их сумма $H_i(x)$ распределена по закону Эрланга. В этом случае функция $H(x)$ будет представлять собой линейную комбинацию функций распределения Эрланга. Если же все слагаемые постоянны, то функция распределения $H_i(x)$ будет функцией распределения постоянной величины. В этом случае, очевидно, функция распределения $H_i(x)$ будет просто функцией распределения случайной величины с вероятностью a_i , принимающей i -е постоянное значение [2].

Таким образом, изучение функции распределения длительности занятия сводится к двум процессам: к анализу вариантов, по которым может происходить соединение, и исследованию отдельных составляющих длительности занятия как случайной величины.

С точки зрения математического анализа обычно самым удобным является экспоненциальное распределение, так как оно является единственным распределением, не обладающим последствием [4]. Учет же последствия всегда сложен, а во многих случаях приводит к непреодолимым трудностям. Экспоненциальное распределение $H(x) = 1 - e^{-x/b}$ зависит лишь от одного параметра – математического ожидания b случайной величины, распределенной по экспоненциальному закону. Это также создает удобства при обращении с экспоненциальным распределением, так как при измерениях нужно определять лишь среднее значение случайной величины.

В ходе произведенных исследований длительности занятия были собраны данные о количестве занятий:

- длительностью до одной минуты с интервалом десять секунд;
- длительностью от одной до десяти минут с интервалом одна минута;
- длительностью от нуля до десяти минут с интервалом одна минута.

По построенным графикам (рисунки 3–5) можно сделать вывод, что распределения длительности занятия до 1 минуты и от 1 до 10 минут имеют различный вероятностный характер.

Параметры случайной величины – длительности занятия – приведены в таблице 3.

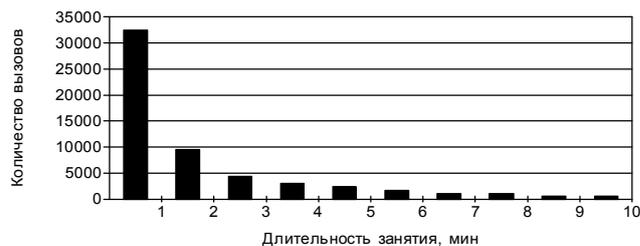


Рисунок 3 – Распределение длительности занятия от 0 до 10 мин

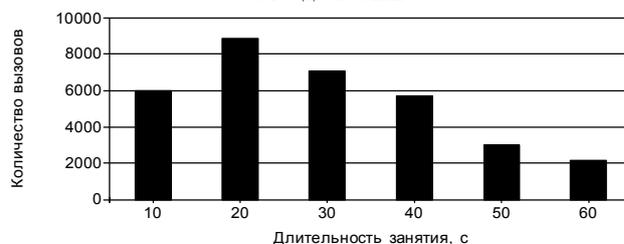


Рисунок 4 – Распределение длительности занятия от 0 до 60 с

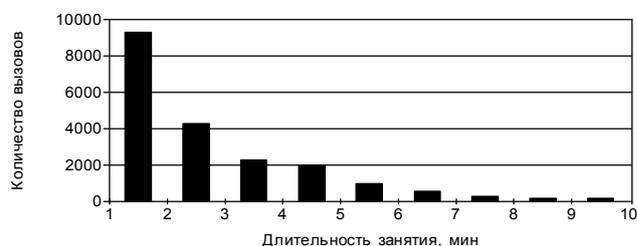


Рисунок 5 – Распределение длительности занятия от 1 до 10 мин

Таблица 3 – Статистические параметры длительности занятия

Параметр	От 0 до 10 мин	До 60 с	От 1 до 10 мин
Среднее значение	1,89	29,0	3,31
Средневероятное	1,00	30,0	3,00
Наиболее вероятное	1,00	20,0	2,00
Геометрическое среднее	1,52	25,2	2,97
Дисперсия	2,41	213,0	2,95
Среднеквадратичное отклонение от среднего значения	1,55	14,6	1,71
Минимум	1,00	10,0	2,00
Максимум	10,00	60,0	10,00

Длительность занятия до 1 минуты имеет нормальный закон распределения. Это обусловлено тем, что в этот промежуток времени входит время набора номера и длительность работы управляющих устройств, которые часто близки к константам. Чем функция распределения ближе к функции распределения постоянной величины, тем лучше может быть организовано обслуживание. Длительность занятия от 1 до 10 минут стремится к экспоненциальному закону.

Исследования, проведенные в течение трёх лет, показали, что длительность занятия является относительно постоянной величиной (таблица 4).

Таблица 4 – Средняя длительность занятия в минутах по дням недели

День недели	Год измерения		
	2002	2003	2004
Понедельник	1,77	1,84	1,83
Вторник	1,77	1,89	1,96
Среда	1,88	1,89	1,90
Четверг	1,73	1,81	1,93
Пятница	1,85	1,80	1,93
Суббота	2,19	2,13	2,42
Воскресенье	2,63	2,31	2,63

Дальнейшее развитие ОбТС – увеличение номерной ёмкости, замена устаревших ЖАТС и линейных сооружений. Строительство ЖАТС без учёта реального спроса – это проблема.

В то же время непрерывное развитие ОбТС, используемых в основном для диалоговой телефонной связи, порождает проблемы: чем больше абонентов на сети, тем меньше вероятность соединения с первого вызова, что приводит к непроизводительной загрузке сети, сокращает её пропускную способность, увеличивает повторные вызова.

Исследование эффективности функционирования ОбТС, характеризуемой количеством успешных вызовов с первой попытки, было проведено на узле связи при отделении дороги. В ЖАТС включены абоненты следующих категорий: административный сектор – 64 %, из них оперативные работники составляют 13 %, руководящие – 14 %, прочие – 37 %, квартирный сектор – 36 %. Видно, что ЖАТС обслуживает в основном потребности в связи предприятий железнодорожного узла. Абоненты квартирного сектора – также в основном работники железнодорожного транспорта.

Анализ функционирования узла связи проведён методом контрольных вызовов в период повышенной нагрузки с 9 до 12 ч, который является характерным для всех узлов связи железнодорожного транспорта. Предварительные исследования показали, что наиболее часто встречаемыми причинами, приводящими к повторным вызовам, являются: ожидание освобождения соединительных путей к вызываемому абоненту, ожидание освобождения вызываемого абонента (абонент занят) и ожидание ответа вызываемого абонента.

Получено 12.01.2004

G. I. Shypljakova, N. F. Semeniuta. Railway corporate telephone network traffic analysis.

The main features of telephone traffic on railway corporate network have been describe (time variance during the days, holding times etc).

Исследования проводились в течение трех лет (2002–2004 гг.). Обработанные результаты приведены на рисунке 6.

Проведённый анализ показывает, что ОбТС дороги имеет ведомственную принадлежность. Большинство абонентов – это руководящие, оперативные и административные работники дороги. Характер изменения трафика сети обусловлен технологией работы железной дороги и взаимодействием её подразделений.

Практически все не окончившиеся разговором вызовы происходят в результате занятости или неответа абонента. Потери вызовов из-за коммутационного оборудования были характерны лишь для 2002 г.

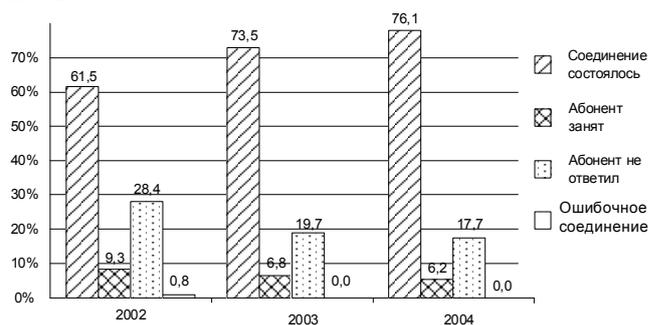


Рисунок 6 – Диаграммы распределения результатов контрольных вызовов

Доля соединений с первой попытки в последние годы (2003–2004 гг.) растёт. Этому способствовало укрепление технологической дисциплины, применение мобильной телефонной связи.

На ОбТС железной дороги ещё много устаревшего коммутационного оборудования, что говорит о необходимости совершенствования сети с использованием цифровых ЖАТС, которые уменьшают долю занятых до 1 мин, т. е. к минимуму могут быть сведены вызовы, в которых разговор не состоялся.

Список литературы

- 1 Шуплякова Г. И. Прогнозирование трафика ведомственных сетей связи // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2003. – № 1. – С. 25 – 28.
- 2 Лившиц Б. С. и др. Теория телетрафика. – М.: Связь, 1979. – 224 с.
- 3 Семенюта Н. Ф., Шуплякова Г.И., Семенюта А.Н. К расчёту нагрузки на телеграфной сети // Электросвязь. – 1992. – № 6. – С. 22–23.
- 4 Шнепс М. А. Системы распределения информации. Методы расчёта: Справ. пособие. – М.: Связь, 1979. – 344 с.