



ТфОП — качество устойчивости или устойчивость качества

УДК 621.396.6.08

А.В. КОЧЕРОВ, кандидат технических наук

Некогда сообщения отправлялись с помощью вестников, затем непрерывную речь научились записывать отдельными символами, для передачи которых придумали телеграфный код и аппарат. Телеграфные линии связи пригодились для телефонирования, а развитие сетей коммутируемой телефонной связи (ТфОП) создало почву для распространения Интернета, дальнейший прогресс

технологий которого обеспечивает теперь, среди прочих, и функции ТфОП. Сегодня доля голосового трафика в трафике данных в Сети стремительно падает, что, казалось бы, уже само по себе могло бы гарантировать качество и устойчивость работы ТфОП в сетях передачи данных общего пользования (СПДОП). Однако этого не наблюдается, и наступила пора разобраться с причинами.

Мир телекоммуникаций менялся, перетекая из непрерывных форм в дискретные и обратно. Любопытно, что всякий раз такой переход сопровождался некоторой потерей качества. Письмо не может передать интонации, но человечество развило в себе литературные таланты самого разного рода. Телефонные линии шумели, но были придуманы кодеки и практически синхронные сети.

Пакетизация трафика существенно снизила нагрузку на сеть, в частности, благодаря применению детектора речевой активности. Однако комплекс мероприятий по пакетизации и решению связанных с нею проблем (обна-

ружение речевой активности, выравнивание уровня, эффективное кодирование речи, эхокомпенсация, восстановление пропущенных фрагментов речи), формирование и обработка очередей на обслуживание, перегрузка сети трафиком данных, использование несовместимого оборудования привели к тому, что эмуляция функций ТфОП в СПДОП к настоящему времени оставляет желать лучшего. Утешает лишь то, что показатели качества и устойчивости изучаются и нормируются. Это дает надежду на совершенствование обслуживания, основанного на соответствующих методах проектирования сетей, неукосни-

тельном соблюдении проектных спецификаций, применении сертифицированного оборудования и постоянном объективном контроле в процессах эксплуатации и модернизации сети.

Нормы

Введенная с 1 января 2011 г. серия государственных стандартов ГОСТ Р 53724...53733-2009 задает основные категории, в которых следует понимать “Качество услуг связи”. Стандарты представляют: общие положения, термины и определения, принципы и параметры, посредством которых оценивается качество услуг местной, междуго-

Таблица 1

Разброс параметров некоторых оконечных сетевых устройств

Параметр	Норма	Разброс значений
Питание	60 или 48 В	47...61 В
ОС — ответ станции	425±3 Гц, -(5...15) дБм, длительность 1,0±0,1 с период 4,0±0,4 с	Применение вместо сигнализации на основе частоты 425 Гц двухчастотной сигнализации, принятой в US\UK\Taiwan
СПВ — сигнал посылки вызова (звонок)	25±3 Гц, не менее 220 мВА, длительность 1,0±0,1 с период 4,0±0,4 с	Формирование прерывистых СПВ и СКПВ — вместо непрерывной посылки сигнал разделяется на посылку, паузу и вторую посылку (похоже на сигнализацию в UK) Значительные нелинейные искажения СПВ
СКПВ — сигнал контроля посылки вызова	425±3 Гц, -(5...15) дБм, длительность 1,0±0,1 с период 4,0±0,4 с	Несоответствие частот и уровней номиналам Несоответствие длительности и периода следования заданным значениям
Отбой	425±3 Гц, -(5...15) дБм, длительность 0,3...0,4 с период 0,6...0,8 с	Пропадание напряжения питания линии на интервале действия СПВ (звонка)

Таблица 2
Разброс временных параметров вызова на местных сетях

Параметр	Норма в сети местной связи	Разброс значений	Наблюдаемые на некоторых направлениях связи особенности
Время отклика узла связи, с	<2,0	0,2...1,2	Сигнал ОС может формироваться с прерыванием на 0,2...0,4 с
Время установления соединения, с	<6,6	0,4...6,2	1 СКПВ вместо 2-х, соответствующих срабатыванию автоответчика после 2-го СПВ Формирование СКПВ с нестабильным периодом “Склеивание” 2-х СКПВ Полное отсутствие СКПВ с последующим “неожиданным ответом” вызываемого абонента
Время выполнения соединения, с	<1,5	0,2...0,6	0,4 с — типичное значение
Время разъединения, с	<1,0	0,6...2,2	1,2 с — типичное значение

родной, международной и сотовой связи. Так согласно стандарта ГОСТ Р 53727-2009 при обслуживании местного телефонного вызова:


метод контрольных вызовов считается основным;

доступность соединения определяется процентом безуспешных попыток;

качество обслуживания оценивается усредненной балльной оценкой.

В моей статье “Внимательное чтение” (см. ВС № 8 за 2010 г.) был проведен анализ действующих в отрасли нормативных документов, обширный список которых здесь не приводится. Анализ показал, что качество и устойчивость находятся в теснейшем взаимодействии. Так, напомним, в ходе измерения качества передачи речи по шкале MOS (Mean Opinion Score — усредненная оценка мнений) можно определить параметры, которые формально характеризуют устойчивость сетей (IPDT, IPLR, IPER — Приказ Мининформсвязи РФ № 113 за 2007 г.).

Изложенные обстоятельства позволяют утверждать, что вынесенная в заголовок дилемма имеет право на существование исключительно в риторике, но не как постановка задачи. Задачу следует ставить как требование обеспечения качества и устойчивости одновременно. Больше того, при ближай-



Средства измерений связи. Средства передачи данных

Речь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ (LQ, MOS) ОБЪЕКТИВНЫМ МЕТОДОМ ITU-T P.862.
Приказами Мининформсвязи РФ №№ 15, 44, и 47 в 2008 г. и Минкомсвязи РФ №№ 1, 10 и 12 в 2009 г. установлены требования для станций и узлов с технологией коммутации пакетов. Качество передачи должно быть не ниже 3,5 баллов по шкале MOS

NGN

Оценка влияния джиттера, потерь и ошибок пакетов, искажений межсетевое преобразования, кодеков и вокодеров G.711, G.723, G.726, G.728, G.729, CELP, QCELP, MELP ...

Эхо

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАДЕРЖКИ И ЗАТУХАНИЯ ЭХО ITU-T G.131

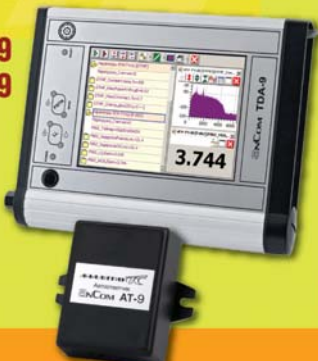
DTMF

Контроль достоверности, параметров искажения передачи и запаса помехозащищенности

ТФОП\ССОП\МСС\TDM\VoIP\CDMA\GSM\3G/LTE ...

Контроль устойчивого функционирования сетей связи.
Паспортизация в соответствии с требованиями, установленными приказом Мининформсвязи РФ №113 от 27.09.2007 г.

**Анализатор систем связи AnCom TDA-9
+ речевой автоответчик AnCom AT-9**



ООО "Аналитик-ТС"
125424, Москва,
Волоколамское шоссе, 73
тел./факс (495)775-60-11
info@analytic.ru www.analytic.ru

Инспекционный контроль,
МОНИТОРИНГ,
ПАСПОРТИЗАЦИЯ
СЕТЕЙ, СИСТЕМ И
КАНАЛОВ СВЯЗИ

Связь-Экспокомм-2011, 10 - 13 мая, ЦВК на Красной Пресне, павильон 1, стенд 1E80

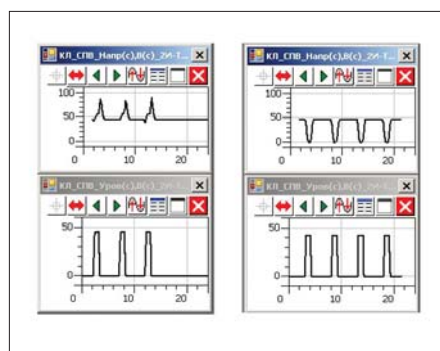


Рис. 1. Всплески и пропадание напряжения питания (верхние хронограммы) синхронно с посылкой СПВ (нижние хронограммы – уровень звонка)



Рис. 2. Пример шлюза 3G-ТфОП с портами для станции и телефона

шем рассмотрении причин снижения качества и устойчивости легко выяснить, что виной тому является техническое несовершенство оконечного сетевого оборудования, поэтому к лозунгу “Даешь качество и устойчивость” можно добавить “при сертификации всех оконечных устройств”.

Оконечные сетевые устройства и параметры вызова

Оконечные сетевые устройства применительно к функциям ТФОП играют роль абонентских комплектов и, следовательно, должны взаимодействовать с оконечными абонентскими устройствами согласно действующим правилам. В табл. 1 представлены выборочные результаты контроля оконечных сетевых устройств, соотнесенные с нормами.

Если отклонение частот от номинала может вызвать лишь нарекание проверяющего, то всплески

напряжения питания или его пропадание на интервале формирования звонка (см. рис. 1) способны привести к сбою абонентского устройства, получающего питание со стороны линии.

Далее рассмотрим группу параметров, характеризующую циклограмму выполнения вызова. Эти параметры, хотя и определяются на ТФОП-стыке, но характеризуют и устройство, и сеть, и их взаимодействие. Таблица 2 демонстрирует разброс временных параметров вызова.

Потери вызовов

Как следует из табл. 2, больше всего нареканий вызывает полное или частичное отсутствие СКПВ, а также несоответствие его параметров. Отсутствие СКПВ или несоответствие количества принятых СКПВ числу посланных звонков (СПВ) формально может рассматриваться как причина потери вызова. Из-

вестны случаи, когда коэффициент потерь вызовов (КПВ) достигал 80 % из-за некорректности формирования СКПВ.

Но даже если такие случаи не учитывать (это легко обеспечивается настройкой контрольного оборудования на нулевое количество ожидаемых СКПВ), скупая статистика произведенных выборочных измерений не позволяет утверждать, что потери вызова соответствуют норме (табл. 3).

Анализ потерь вызовов представляет интерес не только на местных и сетях фиксированной связи. Так, в сети подвижной связи КПВ не должен превышать 5 % (Приказ № 113 за 2007 г.). Контроль же соответствия можно организовать с использованием методов и оборудования, которые применяются для вызовов в фиксированной сети, и адаптеров (см. рис. 3), позволяющих с помощью SIM-карты выбранного оператора получить ТФОП-стык для выполнения

Таблица 3

Потери вызова при выборочных измерениях

Параметр	Норма в сети	Разброс измеренных значений	Подлежащие учету причины потерь вызовов
КПВ, %	местной связи <2	0...6	Занято на исходящей Перегрузка на входящей Нет АО (нет сигнала автоответчика) Нет сигнала Отбой
	подвижной связи <5	0...14	Перегрузка на входящей Нет АО (нет сигнала автоответчика)

или приема контрольных вызовов в сетях GSM, CDMA, 3G...

Методика выполнения контрольных вызовов в сети мобильной связи должна исходить из того, что результат вызова “Нет ОС” означает отсутствие зоны покрытия и не должен учитываться в потерях, а размещение автоответчиков следует производить в зоне гарантированного покрытия. Этот же подход позволяет тестировать соединения в направлениях вызова от мобильного номера на фиксированную сеть и обратно. Именно при таких вызовах часто возникает эхо говорящего, но это уже не устойчивость, а качество.

Качество связи

Нарекания на качество связи касаются в основном качества передачи, наличия эхо говорящего и затруднений, связанных с управлением сервисами посредством DTMF-команд.

Для нормирования эхо целесообразно контролировать запас рейтинга эхо, шаблон которого задан Рекомендацией МСЭ-Т G.131. Нарушений предельно допустимого затухания эхо (limiting case), как это ни покажется странным, на фрагментах сетей с коммутацией пакетов не было выявлено. Более того, значение запаса соответствия норме не опускается ниже 21 дБ, порой достигая 60 дБ.

Иная картина наблюдается при соединении абонентов мобильных сетей. Но особо выделяются некоторые направления связи между фиксированными и мобильными

абонентами, на которых зафиксированный запас рейтинга эхо падал до минус 29 дБ (см. рис. 3).

Вторым важным аспектом качества передачи является способность сети к переносу сигналов DTMF (МСЭ-Т Q.23\Q.24). Выборочные измерения показали, что диапазон изменения показателя соответствия переданных и полученных символов простирается в самых широких пределах. В зависимости от направления связи и типа оконечного сетевого оборудования может наблюдаться:

- разброс соответствия от вызова к вызову в диапазоне от 0 до 100 %;
- стабильная работа сети с показателем 100 %;
- полное отсутствие возможности передачи, т. е. достоверность равна 0 %.

Одним из типовых дефектов DTMF-передачи является “стандартизация длительности” символа, при которой каждый переданный символ воспроизводится на удаленной стороне со стандартной длительностью 60 мс и такой же последующей паузой. Согласно Рекомендации МСЭ-Т Q.24 прием DTMF-последовательности должен быть успешным, если длительность символа составляет не менее 40 мс при паузе не менее 30 мс; ограничение длительности сверху не предусмотрено. В условиях такого допуска “стандартизация длительности” приводит к:

- захлебыванию и потере символов, если скорость передачи превышает темп — посылка 60 мс, пауза 60 мс;

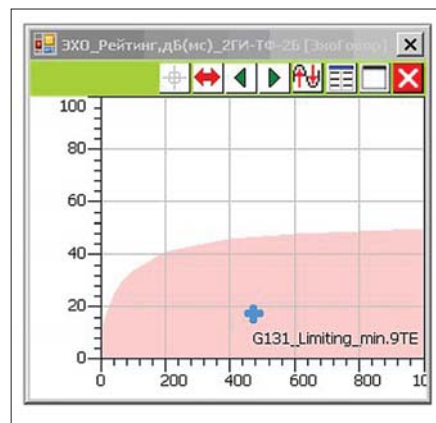


Рис. 3. Рейтинг эхо при вызове из GSM в ТфОП

дублированию символа, если длительность его посылки превышает 60+60=120 мс.

Качество передачи речи характеризуется усредненной балльной оценкой мнений экспертов — MOS, выполненной в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т P.800:

шкала соответствует следующим оценкам — Превосходно=5; Хорошо=4; Удовлетворительно=3; Посредственно=2; Плохо=1;

диапазон оценки качества передачи зависит от вида кодека (вокодера) и составляет от 3,52 (G.723.1\5,3 кбит/с) до 4,24 (G.711\64 кбит/с) применительно к тестовым фразам на русском языке;

зависимость от языка выражена тем более, чем сложнее кодек (вокодер), и составляет от 3,42 до 3,68 (G.723.1\5,3 кбит/с) и от 4,21 до 4,27 (G.711\64 кбит/с).

Методом, позволяющим инструментально воспроизвести усредненную оценку мнений экспертов о качестве передачи по шкале

Таблица 4

Качество передачи по MOS при выборочных измерениях

Параметр	При вызове в сети	Разброс измеренных значений	Примечания
MOS, баллов	местной связи	2,10...4,26	сеть под нагрузкой
		3,88...4,33	сеть без нагрузки (тестирование)
		4,38	на незагруженной сети с дополнительной настройкой чувствительности абонентского терминала
	подвижной связи	2,70...3,41	GSM

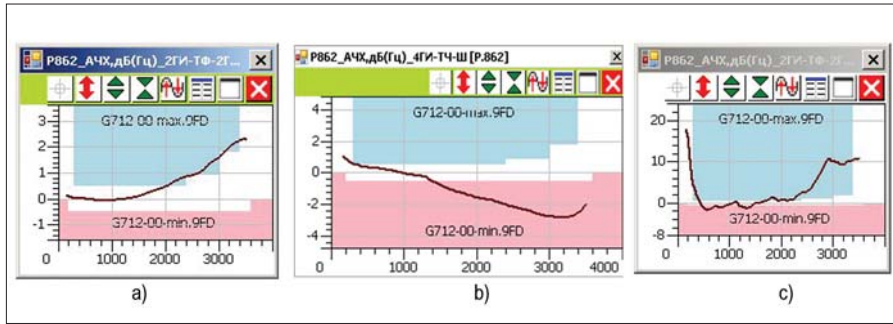


Рис. 4. Три типовых варианта АЧХ: а) практическое соответствие шаблону G.712; б) АЧХ с расчетом на абонентскую линию до 3 км – форсированы ВЧ спектра ТЧ; в) АЧХ канала в сети GSM – полоса ограничена сверху на частоте 2600 Гц

MOS, является алгоритм по рекомендациям МСЭ-Т P.862\Р862.1:

он предназначен для контроля передачи речи в телефонных сетях с ограниченной полосой передачи и предусматривает передачу фрагментов речевого сигнала;

диапазон оценки, воспроизводимый алгоритмом, ограничен сверху величиной 4,5 балла;

погрешность воспроизведения объективным алгоритмом усредненной субъективной оценки составляет ±0,05.

Ориентиром качества передачи может являться норма MOS>3,5, определенная правилами применения узлов связи с технологией коммутации пакетов (приказы №№ 1, 10, 12 за

2009 г. и №№ 15, 44, 47 за 2008 г.) для соединения между двумя абонентами. Рассматривая нормативные источники, следует упомянуть белорусский стандарт СТБ П 2104-2010 “Услуга телефонии по IP-протоколу. Требования к параметрам качества и методы контроля”. Этот документ дает требования к качеству, нормируя R-фактор: “Значение R-фактора, полученное по результатам измерения, должно быть не менее 80”.

Алгоритм измерения R-фактора определен Рекомендацией МСЭ-Т G.107, содержащей формулу пересчета:

$$MOS = 1 + 0,035R + 7 \times 10^{-6} \times R(R - 60)(100 - R).$$

Таким образом, норма R>80 по белорусскому стандарту эквивалентна требованию MOS>4,03 и может быть удовлетворена лишь выбором простых кодеков, соответствующих рекомендациям МСЭ-Т G.711, G.726, G.728. Напротив, российский ориентир MOS>3,5 допускает применение вокодеров по G.723.1, G.729a, G.729. Однако, если в соединении имеет место включение двух различных схем кодирования, результаты обычно существенно ухудшаются, о чем свидетельствует фактический разброс оценки качества, представленный в табл. 4.

P.862-алгоритм формирует оценку качества, выполняя спектральное сопоставление фреймов образцового и принятого из сети фрагментов речи. Чем хуже совпадение спектров, тем ниже общая оценка качества по MOS. Спектральному сопоставлению предшествует “подготовительная работа” по синхронизации фрагментов, в ходе которой для каждого фрейма образца ищется соответствующий ему фрейм принятого фрагмента. В результате этого поиска определяется несоответствие временной оси принятого и образцового фрагментов, а также пропадание или существенное искажение фреймов.

Таблица 5

Оценка искажений передачи речи

Параметр	Разброс измеренных значений по результатам выборочных вызовов в сети		Примечания
	местной связи	подвижной связи GSM	
Размах задержки	до 115 мс	до 24 мс	Оценка IPDV (Y.1541) Норма по № 113/2007 г. для СПДОП <50 мс
Потери	0,0 %	0,0 %	Оценка IPLR (Y.1541) Норма по № 113/2007 г. для СПДОП <0,1 %
Ошибки	до 0,21 %	до 0,22 %	Оценка IPER (Y.1541) Норма по № 113/2007 г. для СПДОП <0,01 %
АЧХ	неравномерность до 2,5 дБ в полосе 300...3400 Гц (соответствие МСЭ-Т G.712) при использовании G.711 неравномерность до 19 дБ в полосе 300...3400 Гц при использовании вокодеров	эффективная полоса передачи 300...2600 Гц по уровню 3 дБ	АЧХ определяется как разность спектров образцового (переданного) и принятого фрагментов речи



Таблица 6

Длительность вызова при контроле КПВ

Состав фаз обработки сигналов		Длительность, с	
Сигнал тонального автоответчика	задержка включения	2,5	6,0
	тональный сигнал ответа от автоответчика	3,0	
	задержка отключения	0,5	
Обработка абонентской сигнализации	защитный интервал для предотвращения ответа на случайный "СПВ"	6,0	24,6
	ожидание и обработка "ОС"	$2,0+0,5=2,5$	
	тональный набор 7-значного номера	$7 \times (0,05+0,05)=0,7$	
	ожидание и обработка "СКПВ"	$6,6+5,0+1,0=12,6$	
	ожидание и обработка "Отбой"	$1,0+2 \times 0,7+0,35=2,8$	
Длительность контрольного вызова при анализе потерь вызовов			30,6

Таблица 7

Длительность вызова при контроле качества передачи

Состав фаз обработки сигналов		Длительность, с	
Сигнал речевого автоответчика	задержка включения	2,5	59,5
	передача DTMF — подтверждение включения	2,0	
	молчание — контроль эхо говорящего	15,0	
	передача DTMF — контроль передачи DTMF	2,0	
	молчание — подготовка к анализу речи	4,5	
	передача DTMF — внимание — начало речи	2,0	
	передача речи — контроль передачи речи	29,5	
	передача DTMF — внимание — конец речи	2,0	
Расчет показателя передачи речи — оценки по шкале MOS			18,0
Абонентская сигнализация (см. табл. 6)			24,6
Длительность вызова при контроле качества			102,1

Таблица 8

Производительность измерительной системы

Параметр	Измерительная задача		
	Анализ потерь вызовов		
	Доказательство соответствия сети норме	Проверка несоответствия — обнаружение аварии	Контроль качества
Длительность контрольного вызова, с	30,6	30,6	102,1
Количество контр. вызовов в цикле	235	41	15
Длительность цикла, ч	$235 \times 30,6=1,998$	$41 \times 30,6=0,349$	$15 \times 102,1=0,425$
Производительность СИ равна количеству измерительных циклов за период ЧНН	$P=4/1,998=2$	$P=4/0,349=11$	$P=4/0,425=9$
Количество СИ в ИС в зависимости от К — количества контролируемых направлений связи в сети ТфОП: М=К/П	К=81	41	8
	К=27	14	3
	К=9	5	1

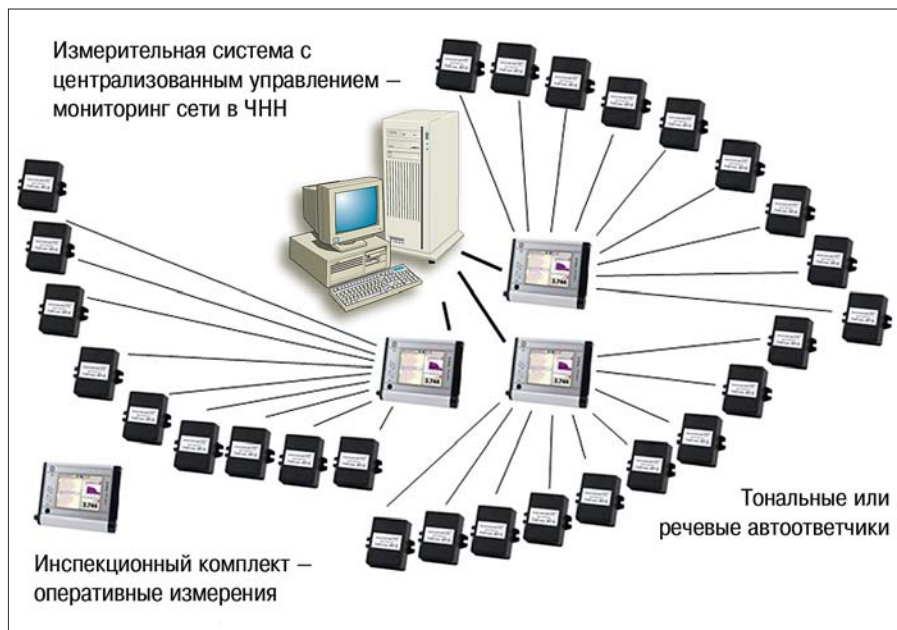


Рис. 5. Пример конфигурации измерительной системы для мониторинга 27 направлений связи

Совокупность результатов “подготовительной работы” позволяет оценить размах задержки передачи (джиттер), процент потерь, процент ошибок, а также амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) канала передачи. Разброс указанных оценок представлен в табл. 5. Характерные различия протекания АЧХ приведены на рис. 4.

Производительность при мониторинге сети

Согласно Приказу № 113 за 2007 г., норма потерь вызовов на местной сети не должна превышать 2 %. В соответствии с ГОСТ Р 53724-2009 определение потерь производится выполнением контрольных вызовов. При этом, как было показано в моей статье в ВС № 8 за 2010 г., в каждом направлении связи могут быть решены две задачи — проверка несоответствия или доказательство соответствия:

сеть не соответствует норме, если после проведения 41 вызова $KПВ > 4,879\%$;

сеть соответствует норме, если после проведения 235 вызовов $KПВ < 0,426\%$.

Длительность выполнения каждого контрольного вызова может быть определена с учетом норм

времени его выполнения по Приказу № 113 за 2007 г. и норм периодов и длительностей абонентских сигналов согласно Приказа № 106 за 2007 г. Результаты представлены в табл. 6.

В ходе выполнения контрольных вызовов, имеющих целью определение показателей качества передачи, их количество должно быть 15 в соответствии с Приказом № 54 за 1999 г. Расчет длительности вызова произведен на основании данных табл. 7.

Если измерительная задача заключается в обеспечении постоянного мониторинга критических направлений в сети связи, то необходимо иметь представление о количестве средств измерений (СИ) в измерительной системе (ИС), необходимых для выполнения контроля сети в период ЧНН, длительность которого принята равной 4 ч. Расчет производительности приведен в табл. 8.

Если конфигурация ИС соответствует схеме “звезда” (см. рис. 5), то количество измерительных каналов, терминированных малобюджетными автоответчиками, должно быть равно количеству критических направлений связи в сети К. При этом количество СИ М

определяется производительностью СИ в период ЧНН и составляет $M=K/P$.

Приведенные в табл. 8 данные о количестве СИ показывают, что мониторинг сети в ЧНН в целях обнаружения аварии в контролируемом направлении, а также контроль качества передачи может быть обеспечен применением ИС с небольшим количеством СИ.

Для доказательства соответствия сети требованиям норм по потерям вызовов требуется установить значительное количество СИ. Поэтому представляется целесообразным решать эту задачу не в режиме постоянного мониторинга, а методом инспекционного контроля.

Выводы

В статье продемонстрированы средства и методы контроля сетей связи по параметрам, определяющим качество передачи и устойчивости. Представленные результаты выборочных измерений демонстрируют неудовлетворительное состояние сетей местной и мобильной связи, характеризующееся нормируемыми параметрами, а также необходимость входного контроля применяемых операторами оконечных сетевых устройств.

Статья содержит материал, позволяющий оценить производительность средств измерений и определить состав измерительной системы, обеспечивающей мониторинг сети в период ЧНН. Показано, что:

доказательство соответствия сети норме потерь вызовов (требования устойчивости) целесообразно с применением выделенных инспекционных комплектов,

постоянный мониторинг критических направлений связи возможен посредством использования измерительных систем с централизованным управлением, что обеспечивает оперативную диагностику аварийных состояний и непрерывный контроль качества передачи.