



# Внимательное чтение

УДК 621.396.6.08

**А.В. КОЧЕРОВ, главный метролог ООО “Аналитик-ТС”, кандидат технических наук**

В информационном потоке с конца 2009 г. начала подниматься волна сообщений, так или иначе затрагивающих тему метрологического обеспечения отрасли “Связь”. Причиной такого всплеска интереса к этой, казалось бы, неиссякаемой теме, которую можно и нужно было бы разрабатывать в ламинарном режиме, является, вероятно, то, что, начиная с 2004 г., метрологические аспекты деятельности отрасли как-то стухевались или были раз-

мыты. Этот процесс мог бы показаться закономерным (наконец-то, на смену специальным средствам и подразделениям контроля пришли встроенные в оборудование связи системы), но вздымающаяся волна интереса свидетельствует скорее о другом — годы умаления отраслевой метрологии показали ее истинную роль в обеспечении, в первую очередь, устойчивости функционирования и качества услуг сетей связи.

## Источники

Из множества выберем три источника. Первый, в какой-то степени неформальный (интервью “Мифы о качестве” [1]), призывает широкие слои общественности обратить наконец-то внимание на вопросы обеспечения качества услуг современных систем связи.

Второй источник — рабочий. Статья “Реализация ФЗ “Об обеспечении единства измерений” [2] констатирует наличие формальных подвижек в вопросе метрологического обеспечения отрасли, т. е., в частности, оценки качества и устойчивости.

Традиционно в отрасли вопрос качества отдан на усмотрение операторов — предполагается, что качество возрастет само собой в результате конкуренции или технологического совершенства. Однако для того, чтобы появились ростки, надо что-то посеять, но такого посева, во-первых, не наблюдается много лет, а, во-вторых, имеют место проблемы с семенным материалом (об этом — чуть ниже).

Но есть в отрасли и зона прямой ответственности — устойчивость функционирования сети. Тут уместно привести третий — формальный источник, введенные приказом Мининформсвязи РФ № 113/2007 “Требования к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования” [3].

Итак, продолжительное движение по кругу отрицания метрологического обеспечения отрасли способствовало накоплению противоречий, которые разорвали круг, превратив его в спираль, что, собственно, и вызвало ту самую волну актуальных вопросов метрологического обеспечения.

## Об устойчивости функционирования

Введенные нормы [3] в лаконичной форме определяют требования к сетям связи общего пользования. Этот долгожданный документ можно расценить как заменяющий великое количество норм и инструкций, введенных и действовавших до настоящего времени [4 — 11]. Новые требования к обеспечению устойчивого функционирования ССОП [3] касаются местной, зоно-вой, междугородной, международной связи, сети подвижной связи, а также определяют условия доступа к узлам экстренных служб.

Нормы введены для коэффициента потерь вызовов и для временных характеристик прохождения вызовов. Кажущимся недостатком документа является отсутствие каких-либо указаний на методы выполнения измерений. Однако внимательный читатель заметит следующее.

В ранее действовавших методиках [6, 7, 9, 10] такие указания содержались, и не представлял труда из норм потерь вызова [3] оп-

ределить требования, например, к минимальному количеству попыток вызова, по исполнению которых для доказательства годности сети не должно быть зафиксировано ни одного потерянного вызова.

**Потери вызовов.** В требованиях [3] определены нормы доли несостоявшихся вызовов  $p$  в общем количестве попыток вызовов. Величина  $p$  не должна превышать:

0,1 % при вызове экстренных оперативных служб;

2,0 % в сети местной телефонной связи (>3000 чел.), в сети зоно-вой связи, в сети междугородной и международной телефонной связи;

3,0 % в сети местной телефонной связи (< 3000 чел.);

5,0 % в сети подвижной связи.

Необходимое количество попыток вызова и соответствующие значения коэффициента потерь вызовов определяются использованием формулы (1), связывающей вероятность  $P(S < s)$  наступления того факта, что количество потерянных вызовов не превысит  $s$ , с заданной нормой потерь вызовов  $p$  и количеством попыток вызова  $n$ :

$$P(S < s) = \sum_{k=0}^s C_n^k p^k (1-p)^{(n-k)}. \quad (1)$$

Применение формулы (1) дает две расчетные точки, соответствующие решению двух разных измерительных задач (рис. 1):

определение границы гарантированного нарушения нормы

— если решение (1) ищется для доверительной вероятности  $P(S < s)$ , то найденные значения  $s$  и  $n$  соответствуют следующему утверждению: если после проведения  $n$  вызовов число потерянных больше  $s$ , то норма потерь вызовов  $p$  нарушена с доверительной вероятностью  $P$ ;

определение границы гарантированного соответствия норме — если решение (1) ищется для доверительной вероятности  $Q = 1 - P(S < s)$ , то найденные значения  $s$  и  $n$  соответствуют следующему утверждению: если после проведения  $n$  вызовов число потерянных меньше  $s$ , то норма потерь вызовов  $p$  соблюдается с доверительной вероятностью  $P$ .

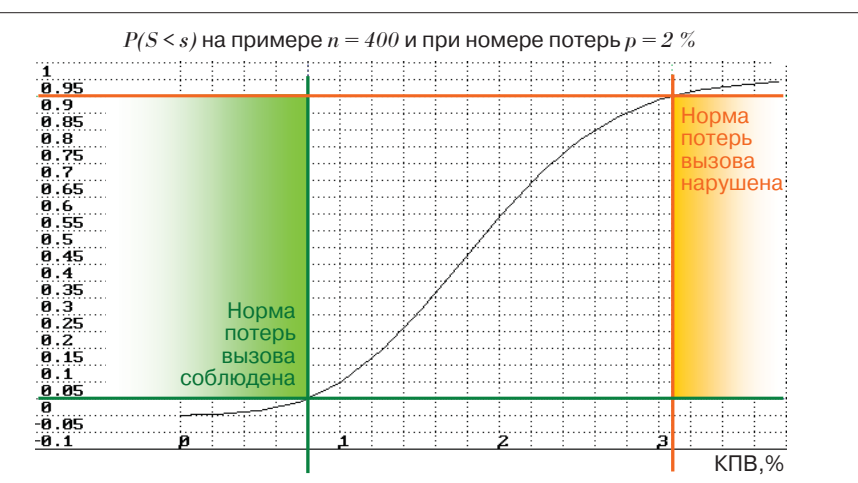
Первая задача решается оператором в том случае, когда необходимо убедиться в неисправности. Обстоятельством, приводящим к такой постановке, является, например, жалоба абонента.

Вторая задача решается в ходе приемосдаточных испытаний, инспекционного контроля или после устранения неисправностей.

В таблице представлен числовой материал, позволяющий при выбранной доверительной вероятности равной 0,95 задать требования к количеству вызовов  $n$  и оценке коэффициента потерь вызова КПВ.

**Временные параметры хронограммы вызова.** Далее непосредственно в тексте документа [3] указано, что для временных параметров вероятность превышения заданных норм не должна составлять более 0,05. К временным параметрам относятся:

- время отклика узла связи;
- время установления соединения;



**Рис. 1.** Изменение доверительной вероятности в зависимости от экспериментальной оценки КПВ после выполнения 400 попыток вызова при заданной норме потерь вызовов 2,0 %

время выполнения соединения;  
время разъединения.

Эти параметры легко определяются по хронограмме прохождения вызова (рис. 2), а их статистическая обработка в цикле попыток вызовов может быть произведена так же, как это по сей день определено требованиями [12], основанными на исследованиях ЦНИИС [13].

**Параметры тональных сигналов абонентской сигнализации.** Рассматривая надежность функционирования сети, не следует забывать и о таком кажущемся малоинтересным вопросе, как соответствие параметров тональных сигналов абонентской сигнализации. Чтение достаточно древнего ГОСТа [14] в наше время можно заменить изучением Правил применения городских АТС, использующих сигнализацию ОКС № 7 [15], определяющих требования к частоте, уровню, длительностям посылка/пауза:

- ответ станции “ОС” (425±3 Гц, минус 10±5 дБм);

сигнал посылки вызова “СПВ” (25±2 Гц, не менее 220 мВА, посылка/пауза 1,0±0,1/4,0±0,4 с);

сигнал контроля посылки вызова “СКПВ” (425±3 Гц, минус 10±5 дБм, 1,0±0,1/4,0±0,4 с),

сигнал “Занято-перегрузка” (425±3 Гц, минус 10±5 дБм, 0,175±0,025/0,175±0,025 с);

сигналы “Занято” и “Отбой” (425±3 Гц, минус 10±5 дБм, 0,35±0,05/0,35±0,05 с).

Контролируя только лишь эти “элементарные” параметры, но не на абонентских окончаниях традиционных сетей связи, а на разъемах оконечного абонентского оборудования, представленного на отечественном рынке (ADSL-, PON-маршрутизаторы, VoIP-, GSM-, CDMA-шлюзы и пр.), не перестаешь удивляться тому, на каких основаниях этот “зоопарк” свободно предлагается в торговых сетях, а то и вовсе рекомендуется оператором связи в качестве “проверенных и надежных” устройств.

**Подтверждение неисправности или соответствия сети**

Норма потерь вызовов, %	0,1	2,0	3,0	5,0	Суждение о состоянии сети, обеспечиваемое с доверительной вероятностью равной 0,95
Необходимое количество вызовов	818	41	27	16	Если оценка КПВ, %, превышает указанный предел, то сеть не соответствует “Требованиям...”
Оценка КПВ, %	>0,245	>4,879	>7,408	>12,50	
Необходимое количество вызовов	2994	235	156	92	Если оценка КПВ, %, не превышает указанный предел, то сеть соответствует “Требованиям...”
Оценка КПВ, %	≤ 0,000	≤0,426	≤0,642	≤1,087	

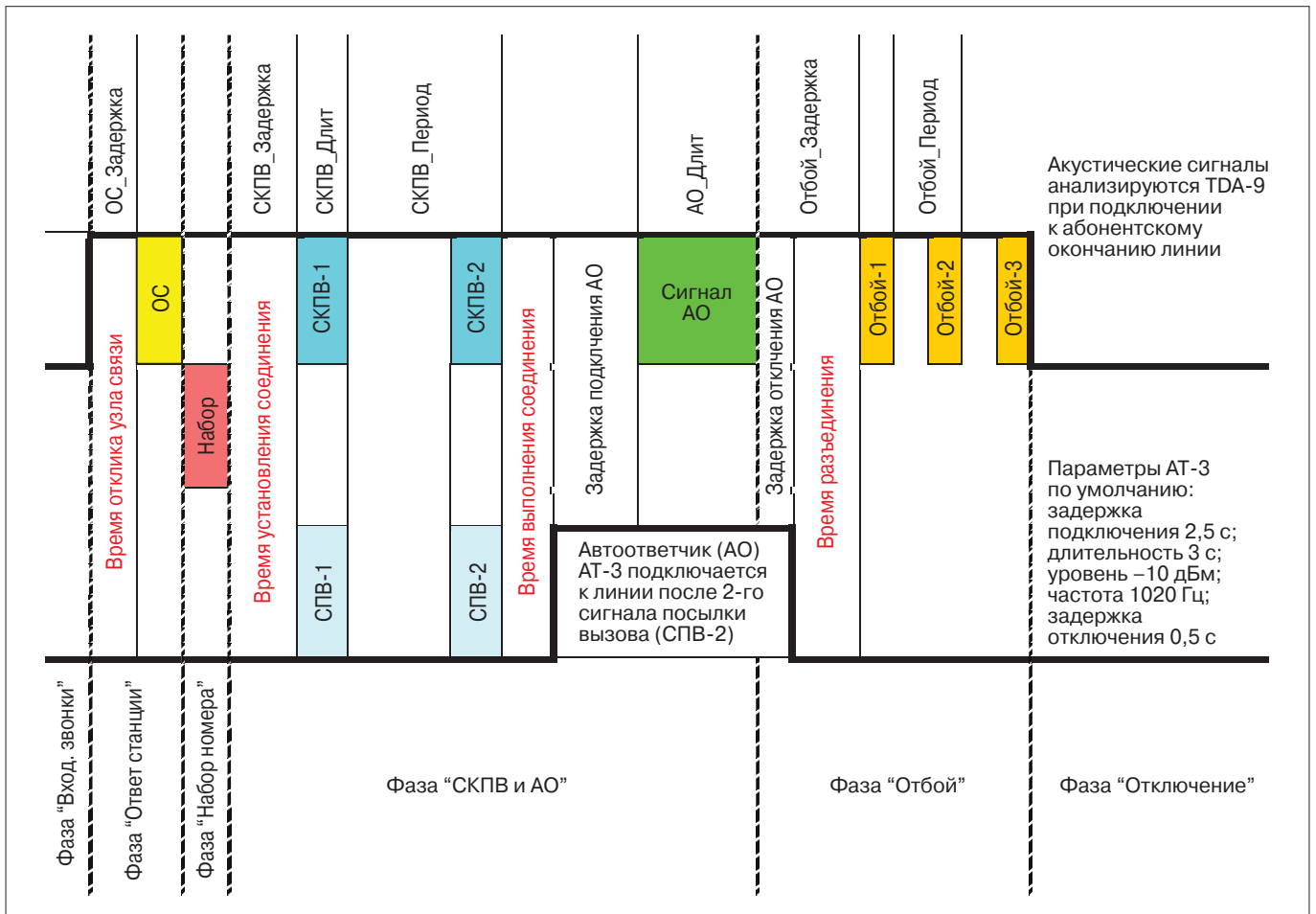


Рис. 2. Идеальная хронограмма вызова автоответчика

Следует заметить (это к вопросу о семенном материале), что в представительных списках параметров сигналов акустической сигнализации (Telephony Tone) этих устройств можно найти, например, испанскую сигнализацию, замечательную тем, что ее “СКПВ” соответствует нашему “Занято-перегрузка”, но отсутствуют реализации с поддержкой российской системы. Вторым вопросом является установка параметров системы по умолчанию. Тут все зависит от того, для рынка какой державы была изготовлена та партия оборудования, которая, в конце концов, оказалась в нашей стране. Обычно это двухчастотная US-система (“ОС”=350+440 Гц, “СКПВ”=440+480 Гц, “Отбой”=480+620 Гц), однако может встретиться и двойной “СКПВ” от UK (посылка 0,4 с + пауза 0,2 с + посылка 0,4 с + пауза 2,0 с).

### О качестве услуг

Границу между устойчивостью и качеством провести трудно. Ясно только, что если сеть неустойчива, то и о качестве говорить не приходится. Однако стремление дать некий универсальный показатель исподволь не может не занимать мысли.

Сославшись на введенные нормы [3] еще раз, укажем, что этот энциклопедический документ определяет характеристики информационных потоков, используемых, в частности, для переноса речевого трафика. Так, здесь представлены требования к разбросу задержки передачи (не более 50 мс), долям потерь (не более 0,1 %) и искажений (не более 0,01 %) пакетов. Возникает вопрос, а могут ли эти показатели быть непосредственно определены путем анализа передачи измерительных сигналов от мик-

рофонного выхода до входа громкоговорителя, т. е. устройством, позволяющим предельно близко постичь ощущения конечного пользователя?

При трансляции в сети связи, сигнал распространяется по традиционным аналоговым или цифровым системам передачи, проходит через современные системы VoIP, неоднократно преобразовывается из формата в формат — “шлюзуется” на стыках этих систем. Анализ современных каналов голосовой связи должен производиться адекватными методами, которые рекомендуются Международным союзом электросвязи.

Рекомендация МСЭ-Т Р.862 [16] определяет алгоритм оценки слышимого качества воспроизведения фрагмента речи. Оценка слышимого качества LQ (Listening Quality) получается сопоставлением спектров фреймов образца и спектров фреймов принятого фрагмента

речи с учетом взвешивания по полосам Барка (логарифмическое уширение эквивалентных полос с ростом частоты) и громкости по формуле Цвиккера. Оценка тем выше, чем лучше спектральное соответствие образцовых и принятых фреймов, длительность которых составляет 32 мс.

Опубликованная ранее Рекомендация МСЭ-Т Р.861 [17] предполагала, что при переносе сетью или системой связи образцового речевого сигнала он воспроизводится на принимающей стороне с постоянной задержкой. Если исключить наличие сравнительно редких эффектов “проскальзывания” в плезиохронных сетях, в результате чего задержка воспроизведения может изменяться на  $\pm 125$  мкс, этот метод вполне адекватен системам с коммутацией каналов.

Современный подход Р.862 [16] отличает именно наличие механизма временного выравнивания (синхронизации) каждого высказывания и фрейма. Для обеспечения выравнивания предусматривается основанный на корреляционном анализе двойной механизм:

“грубое” выравнивание по максимуму корреляционной функции уровней речевой активности образцового и принятого фрагментов речи (это выравнивание было предусмотрено еще в Р.861 [17]);

“тонкое” выравнивание, при котором для каждого фрейма образца производится поиск его спектрального образа в принятом речевом фрагменте.

Последняя задача требует наличия значительного вычислительного ресурса, так как решение обеспечивается вычислением корреляционной функции спектра каждого фрейма образца и фреймов в принятом фрагменте. В результате такого многотрудного в вычислительном смысле поиска в отношении каждого фрейма образца формируется одно из трех суждений, вносимое в соответствующую таблицу оценки фреймов:

соответствие фреймов определено; задержка вычислена (отклонение измеренной задержки от истинного значения лежит в пределах сетки исходного преобразования, выполняемого с частотой квантования 8 кГц, т. е. погрешность определения задержки составляет не более  $125/2=62,5$  мкс);

соответствие фреймов определено, однако найденный как соответствующий фрейм в принятом сигнале настолько разрушен, что фрейм считается дефектным;

соответствие фреймов не выявлено — фрейм считается потерянным.

На современных сетях с коммутацией пакетов задержка переда-

чи изменяется в течение времени приема, и в отсутствие “тонкого” выравнивания результат оценки качества получится искаженным, а, следовательно, использование алгоритма по Р.861 [17] не представляет интереса при обслуживании современных сетей.

Напротив, обнаружение потерь и искажений фреймов, а также определение величины разброса задержки передачи снижает инструментальную оценку качества в соответствии с тем, как эта оценка была бы снижена аудиторами при прослушивании.

А так как именно последние виды искажений характерны для современных асинхронных систем связи с коммутацией пакетов, то объективный метод оценки качества передачи речи по Р.862 [16] является универсальным и для сетей с коммутацией каналов (TDM), и для IP-сетей, и для сетей TDM+IP, и для сетей мобильной связи.

Согласно Рекомендации МСЭ-Т Р.862.1 [18] для удобства практического применения оценка LQ преобразуется в усредненную оценку мнений по 5-балльной шкале MOS (Mean Opinion Score), и именно показатель MOS является основополагающим для оценки качества передачи речи в любых системах связи.

Результаты работы механизма фреймовой синхронизации (“тонкое” выравнивание), необхо-

**Iskratel SI3000 Multi Service Access Plane:**  
широкополосный доступ нового поколения (FTTx, ETTN)

Современные системно-сетевые решения для сетей доступа на базе оборудования Iskratel SI3000 это:

- широкая продуктовая линейка: различные виды доступа (FTTx, ETTN, POTS, ADSL 2+, VDSL2, WiMAX) в едином конструктивном исполнении, включая уличные шкафы (шелтеры), абонентское оборудование, интеграция и проверенная совместимость с партнерским оборудованием для построения комплексного решения «под ключ»
- операторский класс: высокая производительность, резервирование, многофункциональность, масштабируемость
- приложения для управления и мониторинга (в том числе TR-069), открытый интерфейс для стыковки с OSS/BSS

Для получения дополнительной информации посетите наш сайт: [www.iskrauraltel.ru](http://www.iskrauraltel.ru)

**ISKRA TEL Group** **ISKRAURALTTEL**

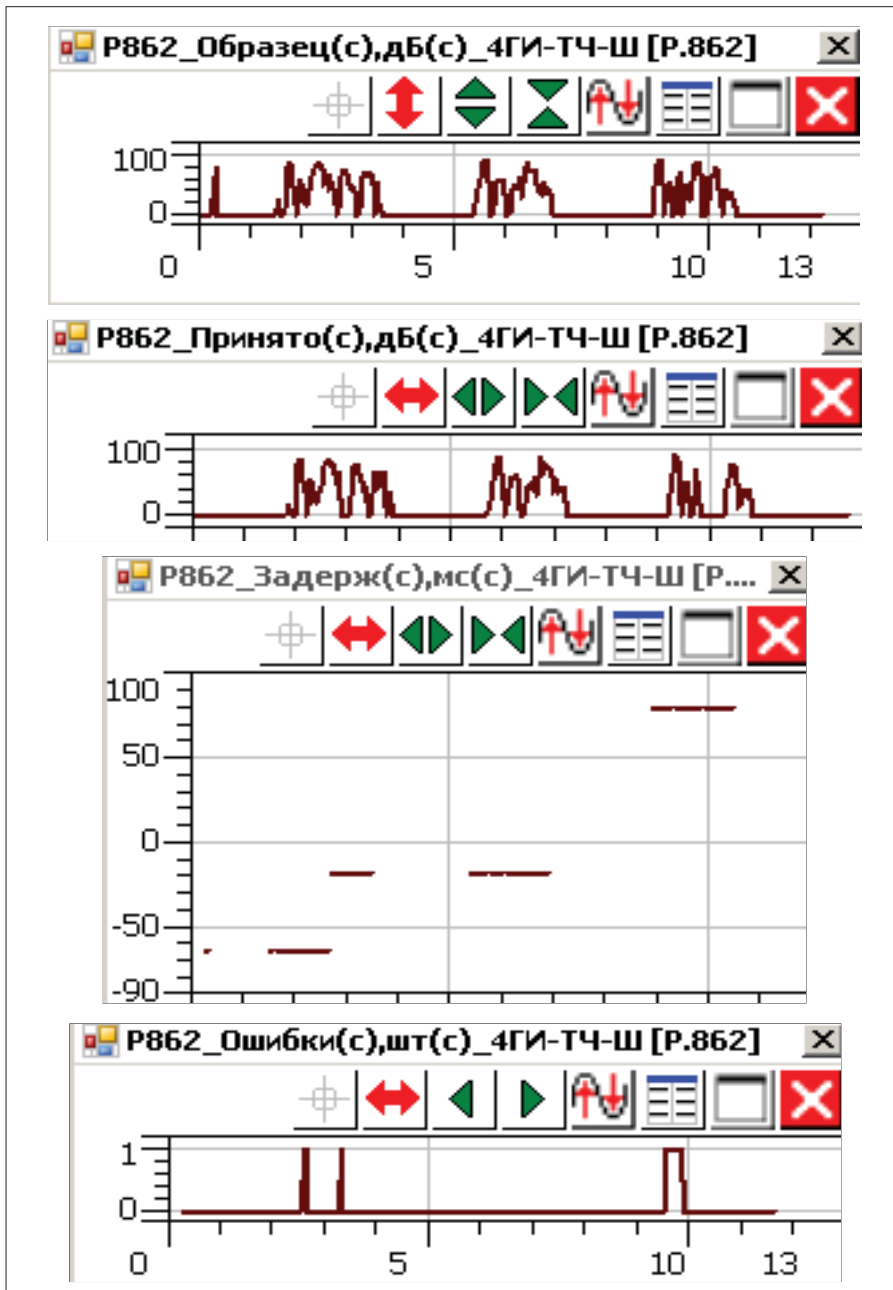


Рис. 3. Пример хронограмм анализа передачи речи (“Образец” – хронограмма уровня речевой активности переданного образцового фрагмента из трех высказываний; “Принято” – хронограмма уровня речевой активности принятого фрагмента; “Задерж” – хронограмма задержки по высказываниям; зафиксированы два факта скачка задержки – первый скачок “порвал” первое высказывание, второй скачок задержки произошел в паузе между вторым и третьим высказываниями – IPDV=145 мс; “Ошибки” – хронограмма фреймов, отмеченных как фреймы с ошибками; зафиксированы ошибки в момент изменения задержки при трансляции первого высказывания, в конце первого высказывания и группа ошибок на третьем высказывании – IPER=3,8 %)

димого для обеспечения работы алгоритма определения качества передачи Р.862 [16], могут быть использованы для оценки характеристик информационных потоков, переносящих речевой трафик как в мультисервисных сетях (МСС), так и в системах IP-телефонии.

Таблица точных значений задержек передачи обеспечивает возможность построения хронограмм (рис. 3), иллюстрирующих качество принятого и сопоставленного с образцовым фрагмента речи. По размаху изменения относительного времени задержки

передачи оценивается разброс времени задержки IPDV. Наличие соответствующих полей в таблице соответствия фреймов позволяет дать количественную оценку долей потерянных фреймов и фреймов с ошибками: IPLR, IPER. Приведенные обозначения заимствованы из Рекомендации МСЭ-Т Y.1541 [19] и могут быть соотнесены с нормируемыми в [3] параметрами:

IPDV – изменение задержки пакета IP (разброс задержки передачи);

IPER – процент ошибочных пакетов IP (доля потерь пакетов);

IPLR – процент потерянных пакетов IP (доля искажений пакетов).

Таким образом, поставив цель определить показатели качества (MOS), можно “бесплатно” получить и показатели устойчивости. И, наоборот, озаботившись необходимостью оценить показатели устойчивости сети, непременно получишь представление о ее качестве, как в современном (MOS), так и в традиционном (АЧХ) смысле.

Традиции будут соблюдены, если путем соотнесения спектров выровненных принятого и образцового сигналов получить столь привычную для понимания частотную характеристику затухания (АЧХ) – см. рис. 4. Измерительным сигналом для этой подзадачи, равно как и для всех описанных выше, является фрагмент живой речи, высказывания которого соответствуют требованиям ГОСТ Р 50840-95 [20].

Несложно практически убедиться в том, что уже 5-секундного фрагмента (два высказывания мужским или женским голосом) достаточно для того, чтобы неравномерность усредненного спектра не превышала бы 6 дБ в полосе ТЧ. Такая неравномерность спектра речевого сигнала обеспечивает погрешность измерений АЧХ не более 2 дБ, чего вполне достаточно для практических целей.

**Контроль качества.** Если рассуждения о теснейшей взаимосвязи устойчивости и качества сетей не показались убедительными, следует напомнить, что в 2008 и 2009 гг. серией приказов по отрас-

ли введены и прямые нормы, определяющие качество передачи речи через узлы связи с коммутацией пакетов [21 — 26]. Формулировка проста и практически одинакова для узлов всех типов: “Требования к качеству передачи речевых сигналов от абонента до абонента устанавливаются не ниже 3,5 баллов и определяются как среднее значение оценок качества воспроизведения речи по пятибалльной шкале (MOS)”. Комментировать тут собственно нечего — ясно сказано, что нормируется не деградация качества при прохождении трафиком узла связи, но требуется соответствие именно качества передачи речи от абонента до абонента.

Применительно к существу качества современных телефонных сетей можно указать еще два обстоятельства. Это наличие эхо и достоверность передачи DTMF-сообщений.

Эхо говорящего, наблюдаемое непосредственно на абонентском окончании, целесообразно контролировать (рис. 5) путем вычисления запаса рейтинга эхо, шаблон которого задан рекомендацией МСЭ-Т G.131 [27]. Кроме того, следует обратить внимание на требования к эхозаградителям и эхокомпенсаторам, изложенные в приложении 6 к правилам [28].

Наконец, в отношении достоверности обмена DTMF-сообщениями [29, 30] можно сказать только то, что этот показатель во избежание оттока абонентов должен составлять 100 %, а соответствующие методы контроля должны выявлять причины недостоверности, к которым можно отнести, например, следующие:

- падение уровня DTMF-сигнала на 10 — 20 дБ на приемной стороне;
- “захлебывание” из-за стандартизации оборудованием сети длительности DTMF-символов;
- удвоение, искажение, потеря DTMF-символа и пр.

## Выводы

Вопросы контроля качества и устойчивости введенных в эксплуатацию систем связи пересекаются

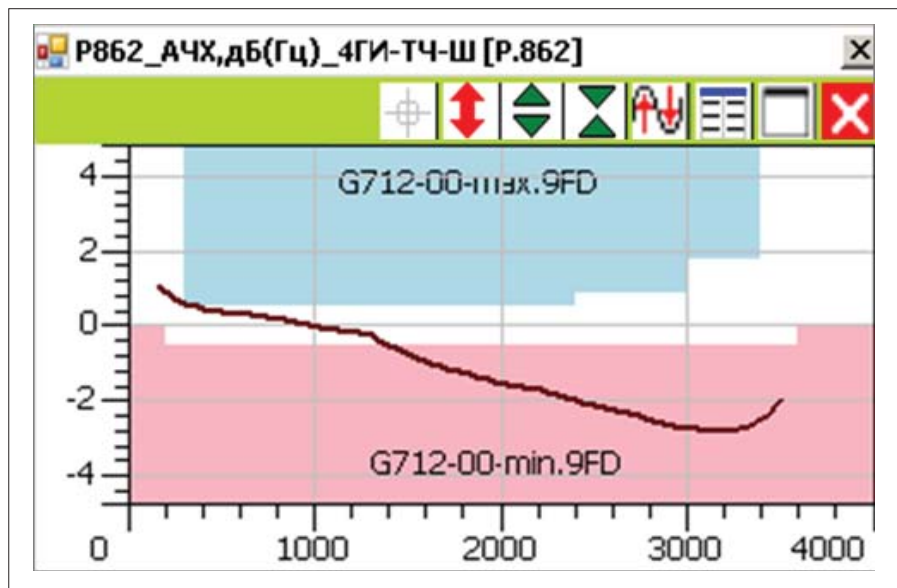


Рис. 4. Пример АЧХ канала VoIP (измеренная частотная характеристика затухания соотнесена с шаблонами частотного искажения по МСЭ-Т G.712; нарушение нормы достигает 2,4 дБ)

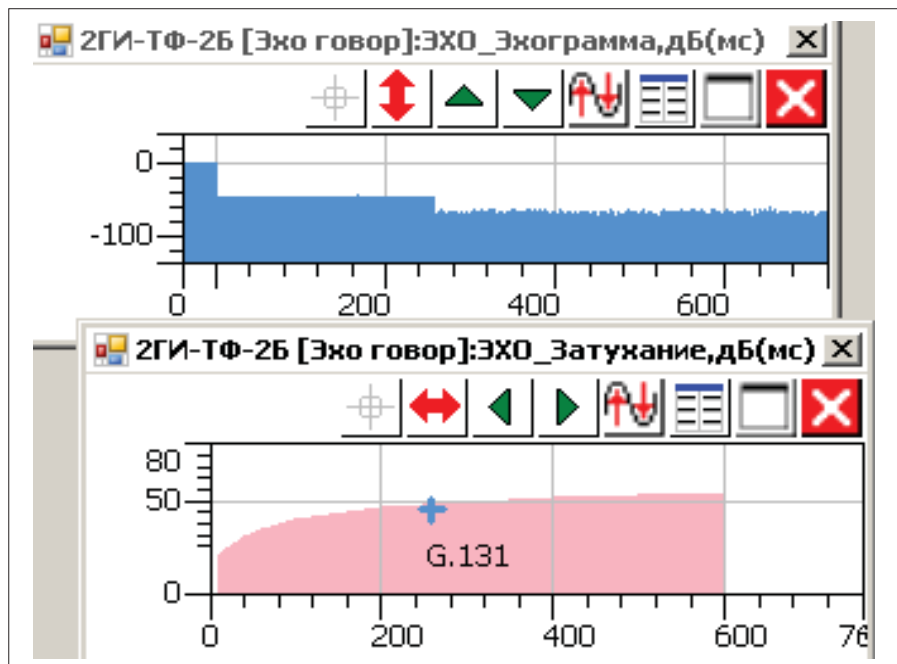


Рис. 5. Пример определения рейтинга эхо (затухание и задержка эхо определены по эхограмме и составляют соответственно 43 дБ и 230 мс; эти данные сопоставлены с шаблонами рейтинга эхо по МСЭ-Т G.131; наблюдается нарушение нормы на 2 дБ)

с вопросами проектирования этих сетей, сертификации оборудования, особенно оконечного, уровень сложности которого стремительно растет. Именно решение соответствующих измерительных задач может быть обеспечено средством измерений, “замещающим” конечного пользователя и дающим оценки в его шкале восприятия.

Кроме того, состав проверок в ходе приемосдаточных испытаний, проводимых при выполнении реконструкции сетей, помимо контроля по “внутрисетевым параметрам” может быть расширен введением проверок, сама технология проведения которых максимально приближена к восприятию услуг и доступности телефонной сети конечным пользователем.

Два метода контроля — по “внутрисетевым параметрам” и по внешним показателям — не следует рассматривать как взаимоисключающие, но должно как взаимодополняющие (томограф и градусник). А выявляемые противоречия двусторонних оценок состояния системы следует использовать как дополнительный диагностический инструмент для выработки и проверки гипотез.

**Литература**

1. Парфенов Б.А. Мифы о качестве// Вестник связи. – 2009. – № 12, с. 9 – 13.
2. Алексеев Е.Б., Бубук Г.А., Желнов В.А., Насонов А.Ю. Реализация ФЗ “Об обеспечении единства измерений”// Электросвязь. – 2010. – № 6, с. 22 – 24.
3. Об утверждении Требований к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования// Приказ Мининформсвязи РФ. – 2007. – № 113.
4. Руководящий документ по общегосударственной системе автоматизированной телефонной связи (ОГСТФС). Москва, “Прейскурантиздат”, 1988.
5. Правила технической эксплуатации междугородной и внутризональных телефонных сетей связи системы Министерства связи СССР. Москва, “Прейскурантиздат”, 1988.
6. Инструкция по техническому обслуживанию городских координатных АТС и узлов типа АТСК контрольно-корректирующим методом. Москва, “Радио и связь”, 1981.
7. Временные нормы на допустимые потери при установлении автоматических междугородных и зональных соединений от абонента до абонента и по участкам сети. Утверждены Приказом № 317 Министерства связи СССР от 19.08.1981.
8. Инструкция по заполнению форм федерального государственного статистического наблюдения по связи. Утверждена постановлением № 9 Госкомстата России от 06.02.1996.
9. Методика проведения контрольных наборов для определения качества обслуживания вызовов на телефонных узлах МГТС. Утверждена заместителем генерального директора ОАО МГТС в 1996 г.
10. Общие технические требования к городским АТС. Утверждены заместителем начальника УЭС Минсвязи РФ в 1996 г.
11. Основные положения развития Взаимозвязанной сети связи Российской Федерации на перспективу до 2005 года. Книга 3. Основные положения развития телефонной сети связи общего пользования. Утверждены решением ГСЭС России № 140 от 20.12.1995.
12. Об утверждении Эксплуатационных норм на электрические параметры коммутируемых каналов сети ТфОП// Приказ Госкомсвязи РФ. – 1999. – № 54.
13. Отчет о НИР. Разработка настроечных и эксплуатационных норм на электрические параметры каналов связи телефонной сети общего пользования (часть II). Шифр 133/93-402// ЦНИИС. – 1995.
14. ГОСТ 28384-89. Станции телефонные. Параметры информационных акустических сигналов тональной частоты// Госстандарт СССР.
15. Об утверждении Правил применения оборудования транзитных, оконечно-транзитных и оконечных узлов связи. Часть I. Правила применения городских АТС, использующих сигнализацию ОКС № 7// Приказ Мининформсвязи РФ. – 2007. – № 106.
16. ITU-T P.862. Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): An objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs (Воспринимаемая оценка качества речи (PESQ): объективный метод оценки качества передачи речи в телефонных сетях с ограниченной полосой передачи и речевых кодеках)// ITU-T 02/2001.
17. ITU-T P.861. Objective quality measurement of telephone-band (300-3400 Hz) speech codecs (Объективное измерение качества речевых телефонных кодеков в полосе 300-3400 Гц)// ITU-T 02/1998.
18. ITU-T P.862.1. Mapping function for transforming P.862 raw result scores to MOS-LQO// ITU-T 11/2003 (Функция преобразования исходной P.862-оценки к MOS-LQO).
19. ITU-T Y.1541. Network performance objectives for IP-based Services (Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP)// ITU-T 02/2006.
20. ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости// Госстандарт России.
21. Об утверждении Правил применения транзитных междугородных узлов автоматической коммутации. Часть II – Правила применения транзитных междугородных узлов связи, использующих технологию коммутации пакетов информации // Приказ Мининформсвязи РФ. – 2008. – № 15.
22. Об утверждении Правил применения оборудования транзитных, оконечно-транзитных и оконечных узлов связи. Часть III – Правила применения городских автоматических телефонных станций, использующих технологию коммутации пакетов информации// Приказ Мининформсвязи РФ. – 2008. – № 44.
23. Об утверждении Правил применения оборудования транзитных, оконечно-транзитных и оконечных узлов связи. Часть VI – Правила применения комбинированных станций, использующих технологию коммутации пакетов информации// Приказ Мининформсвязи РФ. – 2008. – № 47.
24. Об утверждении Правил применения оборудования транзитных, оконечно-транзитных и оконечных узлов связи. Часть VII – Правила применения сельских автоматических телефонных станций, использующих технологию коммутации пакетов информации// Приказ Минкомсвязи РФ. – 2009. – № 1.
25. Об утверждении Правил применения оборудования транзитных, оконечно-транзитных и оконечных узлов связи. Часть IX – Правила применения междугородных телефонных станций, использующих технологию коммутации пакетов информации// Приказ Минкомсвязи РФ. – 2009. – № 10.
26. Об утверждении Правил применения оборудования транзитных, оконечно-транзитных и оконечных узлов связи. Часть XI – Правила применения междугородных телефонных станций и междугородных центров коммутации, использующих технологию коммутации пакетов информации// Приказ Минкомсвязи РФ. – 2009. – № 12.
27. ITU-T G.131. Talker echo and its control (Эхо говорящего и управление этим эхом)// ITU-T 11/2003.
28. Об утверждении Правил применения транзитных междугородных узлов автоматической коммутации. Часть I. Правила применения транзитных междугородных узлов связи, использующих систему сигнализации по общему каналу сигнализации № 7 (ОКС № 7)// Приказ Мининформсвязи РФ. – 2006. – № 59.
29. ITU-T Q.23. Technical features of push-button telephone sets (Технические возможности кнопочных телефонных аппаратов)// ITU-T 1993.
30. ITU-T Q.24. Multifrequency push-button signal reception (Прием многочастотного сигнала от кнопочных телефонных аппаратов)// ITU-T 1993.